

第4章 熱貫流率

4.1 はじめに

本報の窓の断熱性能に関しては、窓の断熱性能表示制度の制定によって、試験方法、計算方法ともにその理解と整備が促進された。この制度はガラスとフレームの組合せを考慮して窓のサイズ別に断熱性能表示を求めたものであり、当初、窓の断熱性能を現行の JIS 試験でのみ評価することとしていたが、当該 JIS には試験体サイズが規定されていることや、面積の小さな窓は測定の原理上誤差が大きく対応できないこと、試験装置を超える大きな面積の窓は測定できないなど、多くの課題が残された。このような背景から、窓の断熱性能計算法の規格 (JIS A 2102^{1),2)} が 2011 年 3 月に制定され、現在に至っている。

一方、現行の省エネルギー基準³⁾には窓の断熱性能の基準値は示されているが、その評価方法は解説に記載されているだけで、明確な基準としては示されていない。これは、従来の BL 試験方法が JIS とは異なる境界条件 (表面熱伝達率) を採用しており、統一的な性能試験方法が整備されにくい状況にあったためである。

またこの基準の運用では、窓の断熱性能に代表試験体サイズの値を使用しているが、窓のサイズによってその性能が変化することは自明であり、年間熱負荷や熱損失係数の計算に代表値を使用することは避けられなければならない。代表試験体サイズの値は製品の横並び評価に使用するものだからである。一方で、PAL 計算での開口部の取り扱いがガラスだけを対象にしており、フレームの影響は全く考慮されていない。

窓の性能評価には、総体としての評価法と、それを構成するフレームとガラス各々の性能の組合せでの評価法がある。計算による評価法は後者の手法を用いるが、各国によってその考え方に違いがある。表 4.1-1 に試験法、計算法の国内及び国際規格を示す。

表 4.1-1 開口部の断熱性能評価法における国際的な状況

対象	試験法規格		計算法規格		熱性能評価ツール
	ISO	JIS	ISO	JIS	
窓全体 (住宅・ビル)	ISO 12567-1	JIS A 4710	ISO 10077-1	JIS A 2102-1	【海外】 WIS (EU) WINDOW (U.S) FRAME plus (Canada) 【日本】 WindEye
	ISO 12567-2 (天窓・出窓)	JIS A 1492 (天窓・出窓)	ISO 15099		
カーテン ウォール 全体	-	-	ISO 12631	-	-
ガラス	ISO 10291	JIS R 3106 (放射率測定)	ISO 10292	JIS R 3107	【海外】 OPTICS (U.S) VISON (Canada) 【日本】 WindEye
	ISO 10293		ISO 15099		
フレーム	-	-	ISO 10077-2	JIS A 2102-2	【海外】 THERM (U.S) FRAME (Canada) 【日本】 TB2D/BEM
			ISO 15099		

表 4.1-1 に示すように、国際的には欧州や米国が牽引する形で、開口部の断熱性能の計算法が国際規格化され整備されつつある。断熱性能の評価に関しては、試験法と計算法が互いに補完しあってその評価のカバー率を上げることが重要である。

特に、窓は壁・床等の他の部位と比較すると熱的に「薄い」ので、内外表面熱伝達抵抗によって大きく影響を受ける。この値は窓自体の熱性能とは別途に設定される境界条件であるが、各規格によって異なる設定がされている。熱負荷計算や熱損失係数に適用する場合には、より地域やロケーション・建築自体の特性を反映した設定が必要であることから、風向・風速との相関に詳細な検討を加える。

調査内容を以下に概説する。なお、表 4.1-1 に示すカーテンウォールの内容については、第5章にてまとめる。

a) 環境条件

- ・ 表面熱伝達率について海外の規格も含め既存文献の調査を行い、熱貫流率計算時、測定時における表面熱伝達率の基準値のばらつきを整理する。
- ・ 条件設定の違いによる影響を把握し、各基準値の妥当性を検証する。
- ・ 風向風速によって変化する対流熱伝達率の違いを把握するため、国内外の文献を調査し、どの程度影響があるのか変化の度合いを確認する。
- ・ 拡張アメダス気象データを用いて、ランダムに選択した地点の風向風速の分布を把握し熱貫流率の比較を行う。
- ・ 高層ビルで用いる場合を考慮し、高さの違いに対する風速の分布を把握する。

b) 窓のサイズ違いによる断熱性能の評価

- ・ 代表的な窓の材質別、機種別、サイズ別の熱貫流率を比較する。
- ・ 建物モデルプランにあたりの平均 U 値 (U_A 値) に差異が生じるか比較する。

4.2 境界条件の影響

4.2.1 国内外の境界条件

現在、開口部の断熱性能計算法に関する規格が国内外に多くあり、統一されていない。ここでは、これらの規格の境界条件をまとめ、考察を行う。

表 4.2.1-1 に開口部の断熱計算法の各種規格における境界条件を示す。表面熱伝達率は、各々の規格で表現方法が総合熱伝達率の固定値で与えられているものや、放射熱伝達と対流熱伝達で分けてそれぞれを関数として与えられているものなど様々である。ISO 15099⁴⁾では、基準となる数値が与えられているものの、対流熱伝達率について詳細に与える場合には、風速の大きさに加えて風向によっても変化する内容となっている（後述）。室内外温度については、各規格の原案を作成した国の環境が反映されており、EU や日本では（ISO 10077-1⁵⁾、JIS A 2102-1¹⁾）室外温度 0°C、室内温度 20°C（室内外温度差 20°C）となっているのに対し、アメリカ（NFRC 100-2010⁶⁾）では室外温度-18°C、室内温度 21°C（室内外温度差 39°C）となっている。

日本の省エネ基準の改定に向け、これら多くの規格の中から日本の環境に合う境界条件を選定する、若しくは規格を参考に日本独自の環境条件を作成する必要がある。

表 4.2.1-1 開口部の断熱計算法の各種規格における境界条件

規格	表面熱伝達率	室内外温度
ISO 15099:2003 夏期条件	$h_{ce} = 8.0 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{re} = \frac{\varepsilon_e \cdot \sigma \cdot (T_{se}^4 - T_e^4)}{T_{se} - T_e} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ci} = 2.5 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ri} = \frac{\varepsilon_i \cdot \sigma \cdot (T_{si}^4 - T_i^4)}{T_{si} - T_i} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	室外温度 $T_e = 273.15 + 30 [\text{K}]$ 室内温度 $T_i = 273.15 + 25 [\text{K}]$
ISO 15099:2003 冬期条件	$h_{ce} = 20 \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}] \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{re} = \frac{\varepsilon_e \cdot \sigma \cdot (T_{se}^4 - T_e^4)}{T_{se} - T_e} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ci} = 3.6 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ri} = \frac{\varepsilon_i \cdot \sigma \cdot (T_{si}^4 - T_i^4)}{T_{si} - T_i} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	室外温度 $T_e = 273.15 + 0 [\text{K}]$ 室内温度 $T_i = 273.15 + 20 [\text{K}]$

規格	表面熱伝達率	室内外温度
ISO 6946 ^{:1996}	$h_{ce} = 4 + 4 \cdot v \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{re} = 4 \cdot \varepsilon_e \cdot \sigma \cdot T_{me}^3 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ci} = \begin{cases} 5.0 & \text{for heat flow upwards} \\ 2.5 & \text{for heat flow horizontal} \\ 0.7 & \text{for heat flow downwards} \end{cases} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ri} = 4 \cdot \varepsilon_i \cdot \sigma \cdot T_{mi}^3 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	
NFRC 100-2010	室外風速 $v = 5.5$ [m/s]	室外温度 $\theta_e = -18$ [°C] 室内温度 $\theta_i = 21$ [°C] 室内外とも平均放射温度は気温と同じ。
ISO10292 ^{:1994} JIS R 3107 ^{:1998}	$h_{ce} = 16.3 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{re} = 4.9 \cdot \varepsilon_e \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ci} = 4.1 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ $h_{ri} = 5.4 \cdot \varepsilon_i \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	室外温度 $\theta_e = 0$ [°C] 室内温度 $\theta_i = 20$ [°C] 2枚の板ガラスからなる複層ガラスの場合には、中空層の熱コンダクタンス算出のために以下の値を用いることとされている。 2枚の板ガラスの温度の平均値 $\theta_m = 10$ [°C] 2枚の板ガラス間の温度差 $\Delta\theta = 15$ [°C]
ISO 10077-1 ^{:2006} , JIS A 2102-1 ^{:2011}	$R_e = 0.04 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$ $(h_e = 25 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})])$ $R_i = 0.13 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$ $(h_i = 7.69 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})])$	室外温度 $\theta_e = 0$ [°C] 室内温度 $\theta_i = 20$ [°C]

4.2.2 風向・風速による対流熱伝達率の変化

ISO 15099⁴⁾では基準となる数値が与えられているものの、対流熱伝達率については風速に加え風向によっても変化する内容となっていると前述した。ここでは、ISO 15099⁴⁾の風速と風向によって変化する外気側の対流熱伝達率について調査した結果を報告する。

[1] ISO 15099における外気側対流熱伝達率算出式

ISO 15099⁴⁾では、窓製品の評価と建物の年間エネルギー負荷計算とで外気側対流熱伝達率の算出式を分けており、それぞれ壁近傍の風速の関数として(4.2.2.1-1)式と(4.2.2.1-2)式で与えられている。

窓製品の比較(評価)

$$h_{cv\ ex} = 4+4V_s \quad (4.2.2.1-1)$$

実際の建物の年間エネルギー計算

$$h_{cv\ ex} = 4.7+7.6V_s \quad (4.2.2.1-2)$$

なお、 $h_{cv\ ex}$ ：対流熱伝達率[W/(m²・K)]、 V_s ：壁近傍の風速[m/s]であり、 V_s は風向と風速： V [m/s]により決定される。 V_s の算出式は、下記の(4.2.2.1-3)式(4.2.2.1-4)式及び(4.2.2.1-5)式により決定され、風向については風上と風下の2パターンで分類されている。

風上

$$V_s=0.25V \quad (V>2[m/s]) \quad (4.2.2.1-3)$$

$$V_s=0.5 \quad (V\leq 2[m/s]) \quad (4.2.2.1-4)$$

風下

$$V_s=0.3+0.05V \quad (4.2.2.1-5)$$

*風速 V は、高さ 10[m]の値

風上か風下かの判断は、図 4.2.2.1-1 のように示されている。少々分かり難いので、分かり易く示すと図4.2.2.1-2のようになり、壁面に対する風向の角度が $\pm 45\text{deg}$ の範囲であれば、風上となる。

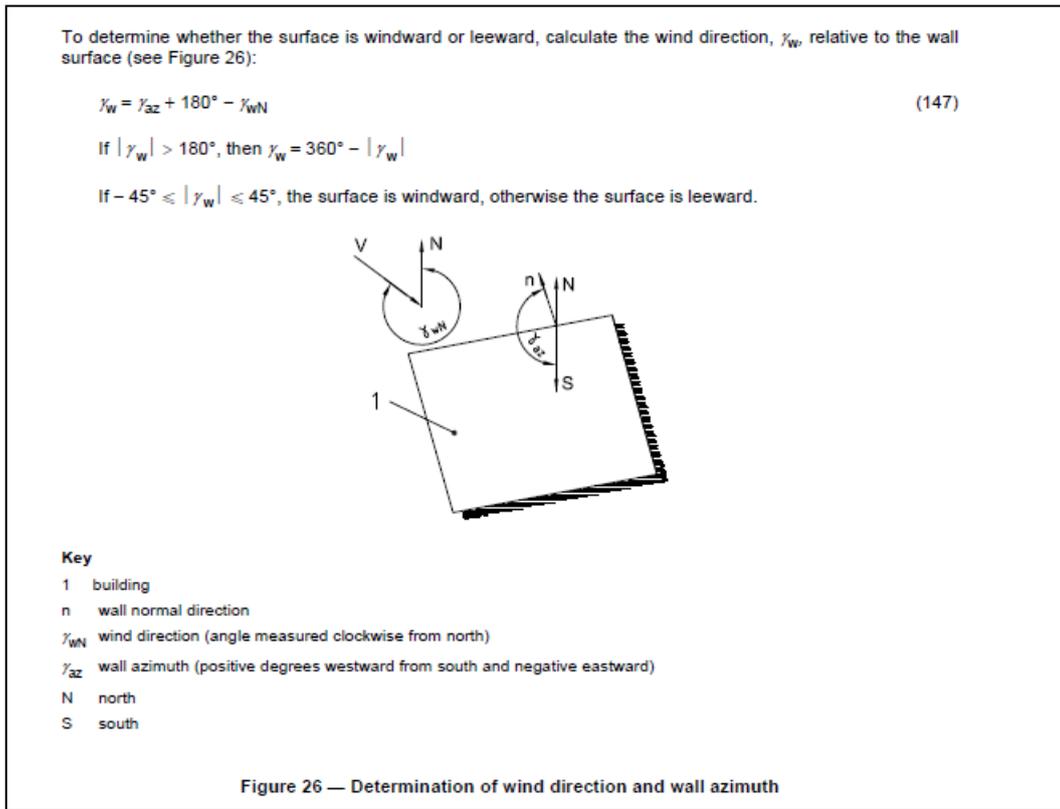


図 4.2.2.1-1 風上・風下の判別図 (ISO 15099 抜粋)

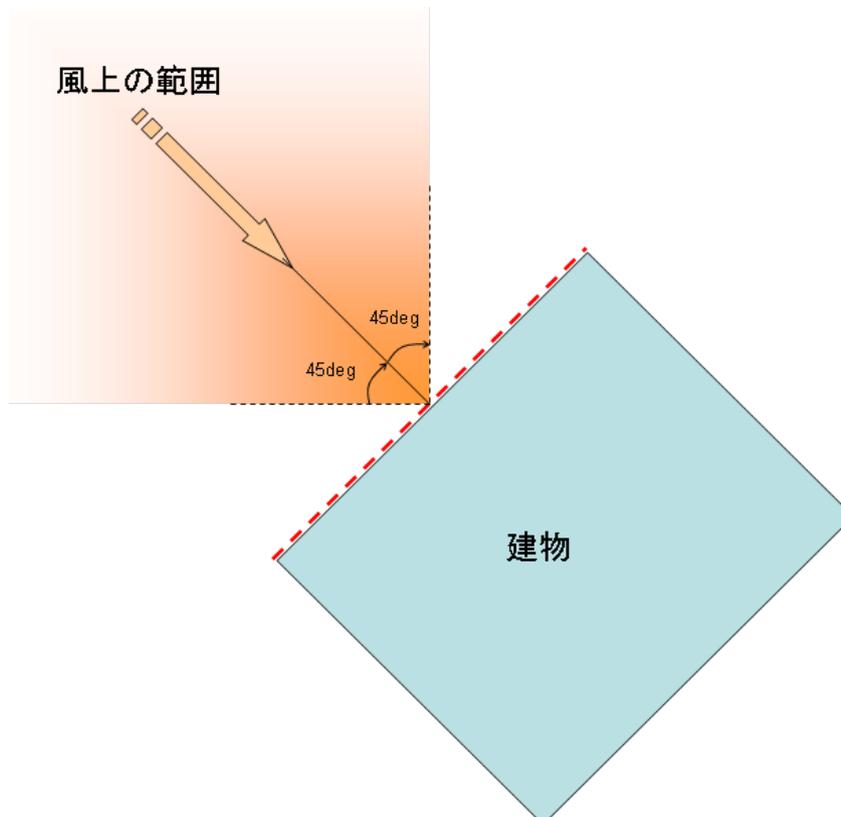


図 4.2.2.1-2 風上・風下の判別図

[2] 壁近傍の風速の実測と ISO 15099 計算値 (Vs) の比較

図 4.2.2.2-1 のように, 風向に対して建物の角度を 15deg ピッチで 90deg まで回転させた際の壁近傍の風速を測定した風洞実験を実施した結果がある。

建物の大きさは 6m×6m (高さ 3m), 風速は 3m/s で, 壁近傍風速の測定点は各面に対して壁からの距離 50mm, 高さを 1.0m, 1.5m, 2.0m の計 12 点である。

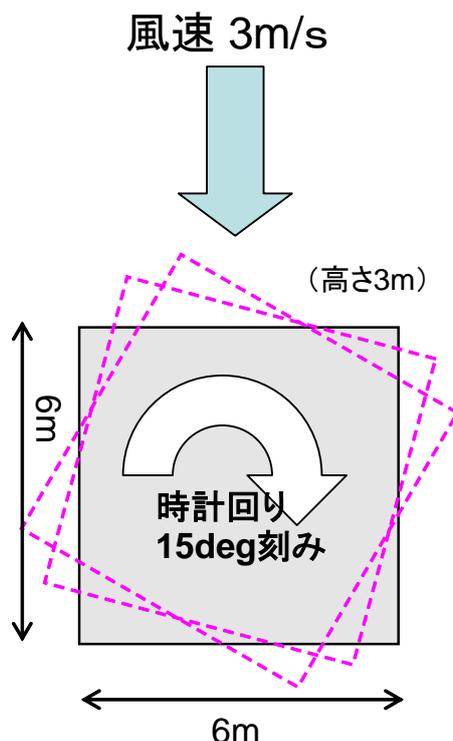


図 4.2.2.2-1 実験概要

測定結果を図 4.2.2.2-2～図 4.2.2.2-7 に示す。また, これらの結果を風向に対する壁面の角度として整理した結果を図 4.2.2.2-8 に示す。なお, ISO 15099⁴⁾の計算結果については, 壁からの距離及び高さについての情報の記載はない。

測定結果と ISO 15099⁴⁾の式から算出される Vs を比較すると, 角度 0deg 以外は Vs の方が小さい値となったことがわかる。

本測定結果では, 角度 0deg を除いて高さによる影響は殆ど無く, 角度 0deg については高さが高い程風速は大きくなることを確認できる。また, 60deg<風向に対する壁面の角度 deg<300deg 以外では極端に風速が低くなっており, このことから風上の範囲として-60deg<風向に対する壁面の角度 deg<60deg と言えると考えられる。しかし, 後述する気象データでは風向が 16 方位で扱われているため, 気象データとの連携を考えると, 風上と風下を分けることが必要な場合は ISO 15099⁴⁾の判定方法は妥当ではないかと考えられる。ただし, 風速および対流熱伝達率の算出方法についてはまだ見当が必要かと思われる。

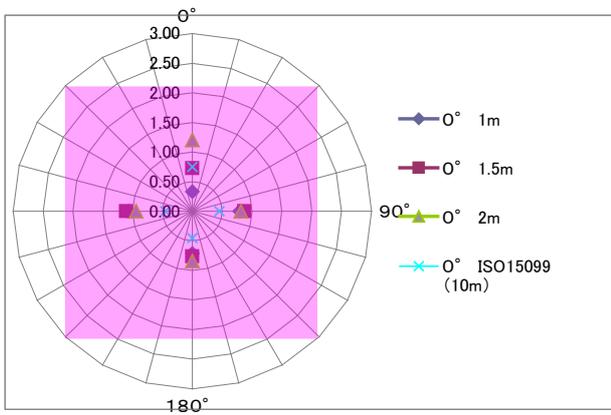


図 4. 2. 2. 2-2 測定結果 0deg

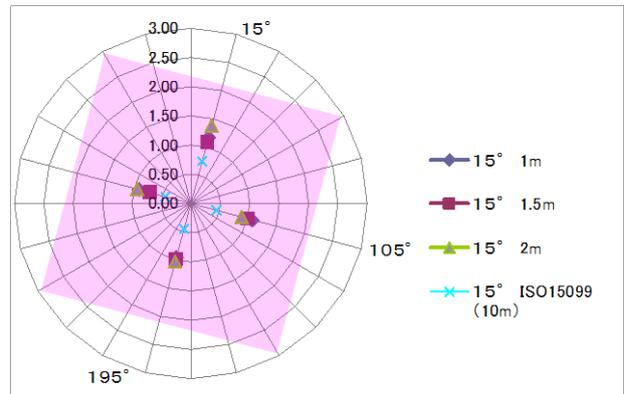


図 4. 2. 2. 2-3 測定結果 15deg

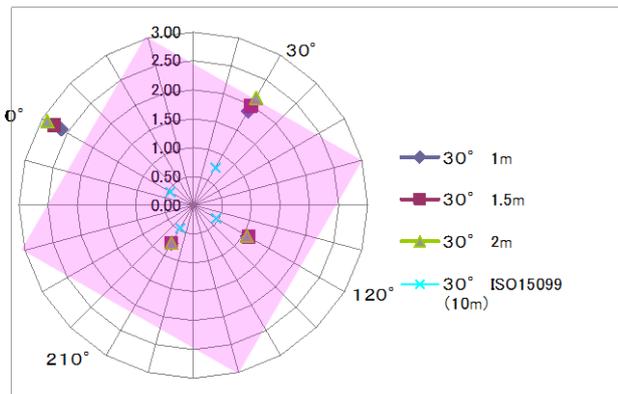


図 4. 2. 2. 2-4 測定結果 30deg

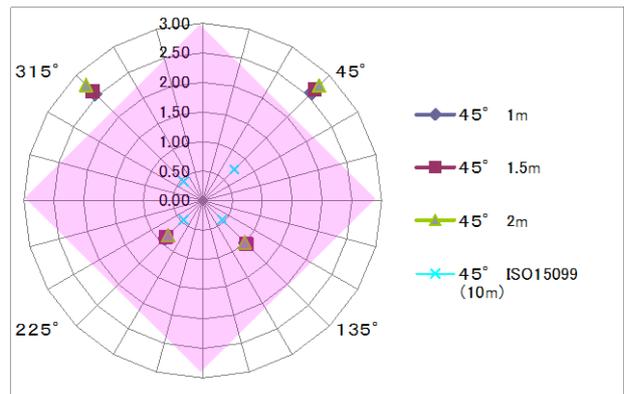


図 4. 2. 2. 2-5 測定結果 45deg

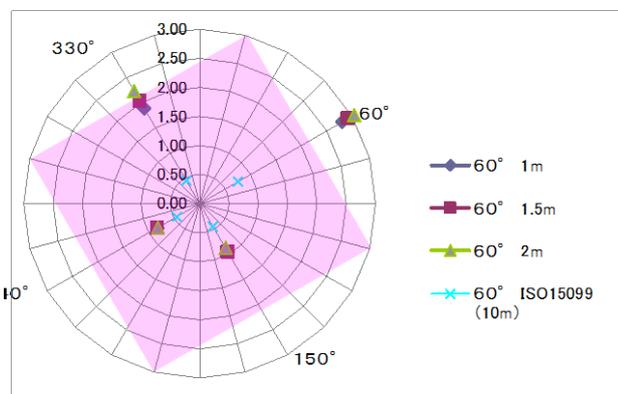


図 4. 2. 2. 2-6 測定結果 60deg

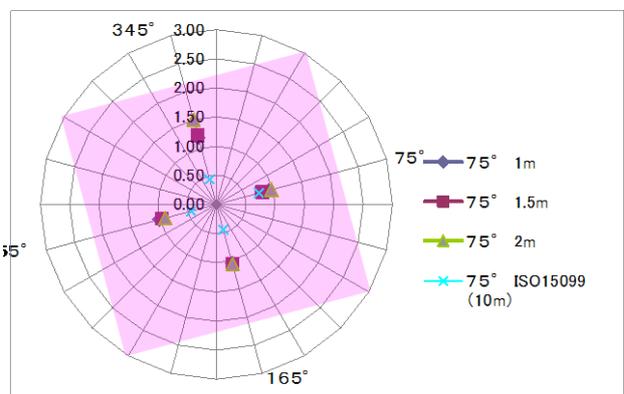


図 4. 2. 2. 2-7 測定結果 75deg

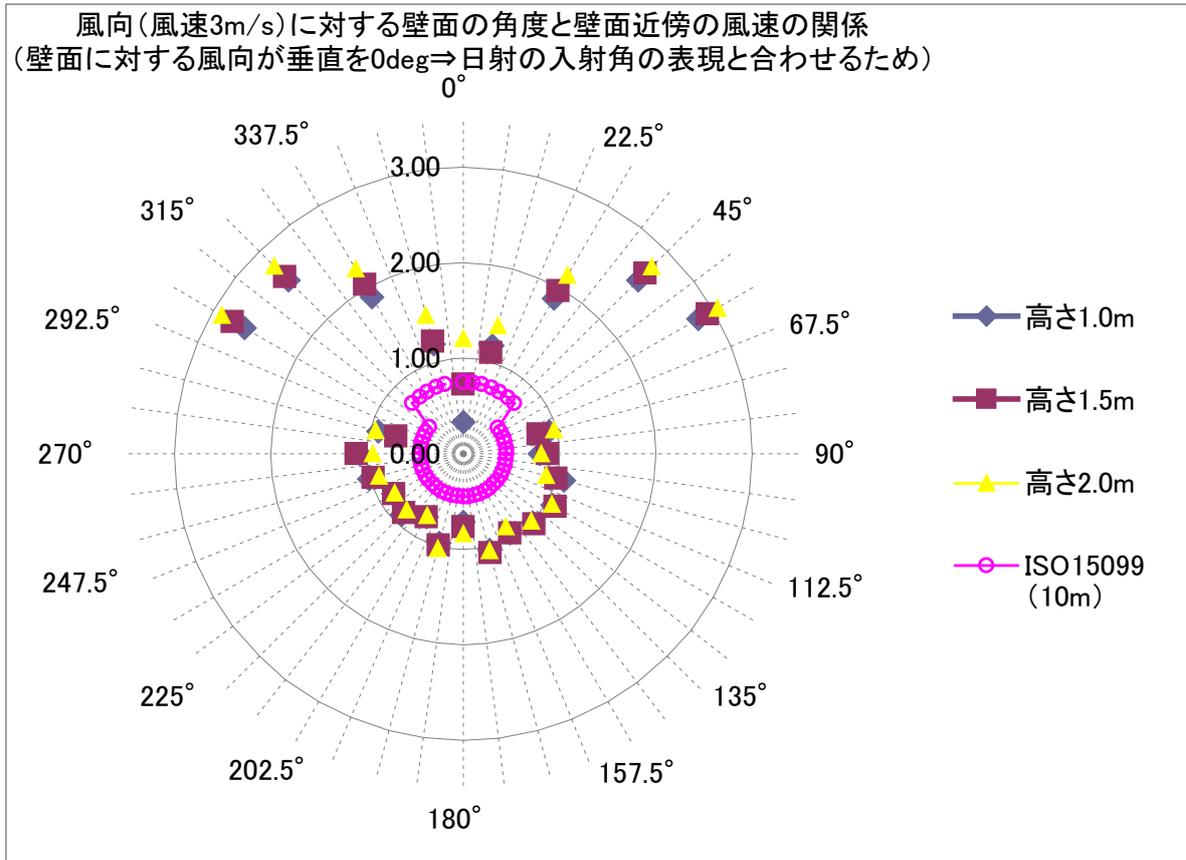


図 4. 2. 2-8 測定結果 (風向に対する壁面の角度として整理した結果)

[3] 国内の主要地点における風向・風速の頻度分布

図 4.2.2.3-1 に各種ガラスの室外側対流熱伝達率と熱貫流率の相関を示す。これは、JIS R 3107⁷⁾によるガラスの熱貫流率算定方法のうち室外側対流熱伝達率に相当する $16.3\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ を変動値として熱貫流率を算定したものである。図より、室外側対流熱伝達率が大きくなることでガラスの熱貫流率が大きくなることがわかる。ガラス面積の大きい窓の熱貫流率を算定する際にも同様の影響が考えられ、室外側対流熱伝達率は窓の配置と風向・風速により変動することを前述した。ここでは、国内の主要地点における風向・風速の頻度分布について調査したのでその報告をする。

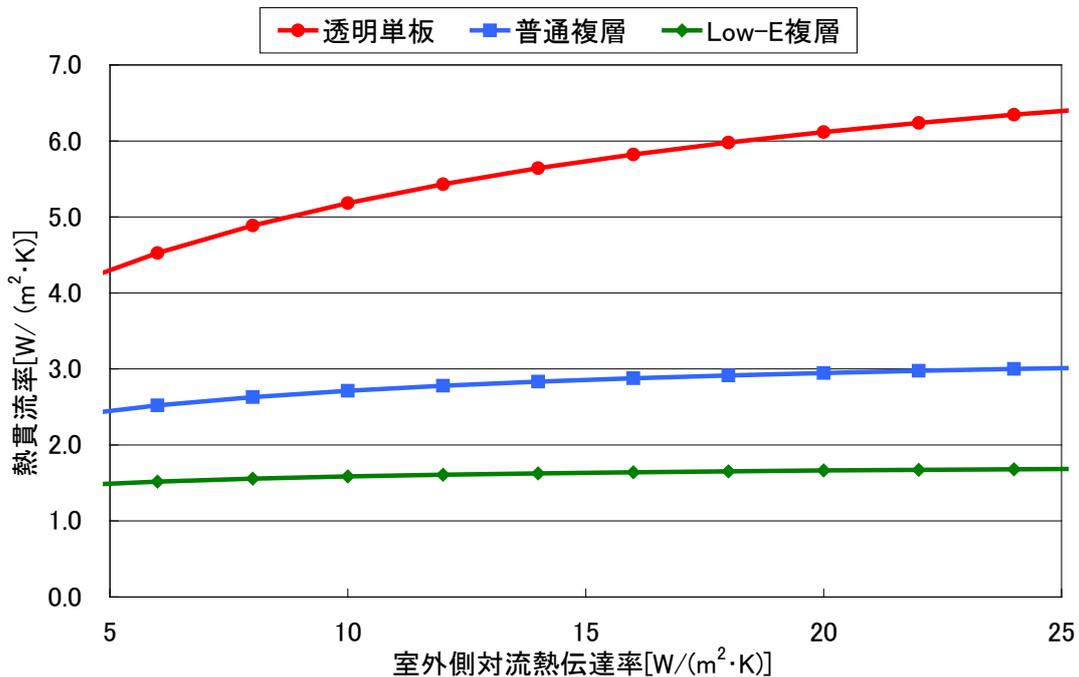


図 4.2.2.3-1 各種ガラスの室外側対流熱伝達率と熱貫流率の相関

まず、風向・風速の頻度分布について地域性・季節性を把握する目的で、拡張アメダス気象データ 1981-2000⁷⁾ (以下、EA 気象データ) の風向・風速* (標準年) を用い、国内の主要地点 20 箇所における風配図を作成した。図 4.2.2.3-2 に対象地点を示す。図 4.2.2.3-3～図 4.2.2.3-22 に年間及び季節毎 (春: 3月～5月, 夏: 6月～8月, 秋: 9月～11月, 冬: 12月～2月) に分類した各地点における地上 6.5m の風配図を示す。図より、銚子や浜田などの沿岸部では 4m/s を超える風速の発生する頻度が高く、卓越風向の定まっている地点が多い傾向があった。一方で、盛岡や福島、松本といった内陸部では 4m/s を超える風速の発生する頻度が低い傾向があった。また、東京や大阪などの大都市部では卓越風向は比較的定まっているが、 4m/s を超える風速の発生する頻度が低い傾向があった。秋田や新潟などの日本海側では冬季に 6m/s を超える北西方向からの風が卓越している特徴がみられた。このように、地点や季節により卓越する風向や風速の頻度分布は異なることが確認された。

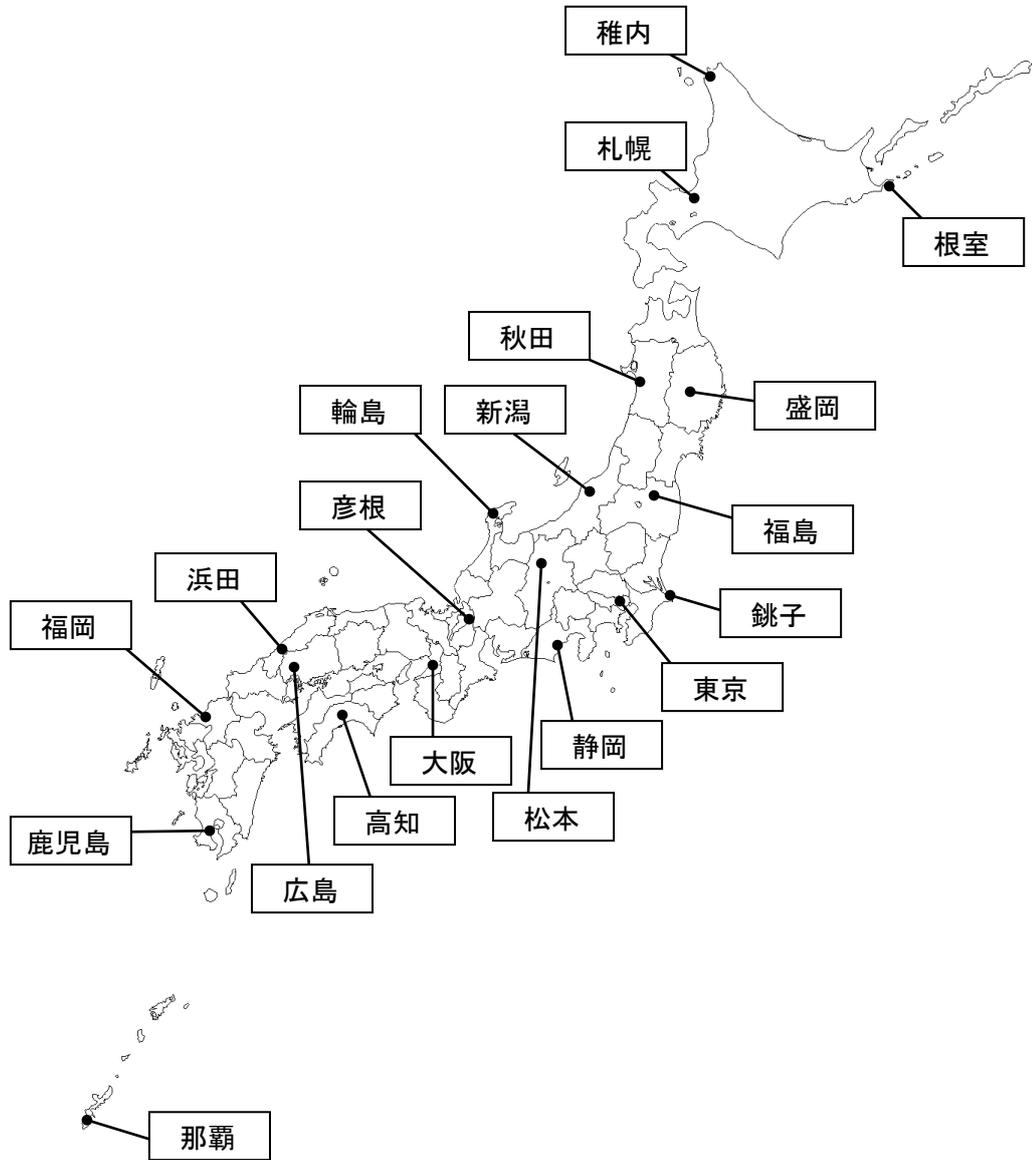


图 4.2.2.3-2 対象地点 (20箇所)

次に、風向・風速の頻度分布について高度特性を把握する目的で、EA 気象データの東京における風向・風速（標準年）を（4.2.2.3-1）式のべき乗則に基づいて地上 50m 相当、地上 100m 相当に補正し風配図を作成した。図 4.2.2.3-23 に地上 50m 相当の、図 4.2.2.3-24 に地上 100m 相当の風配図を示す。

$$\frac{V_B}{V_A} = \left(\frac{h_B}{h_A} \right)^{0.25} \quad (4.2.2.3-1)$$

地上 6.5m 相当の図 4.2.2.3-9 では 4m/s を超える風速の発生頻度は約 2.5%、6m/s を超える風速の発生頻度は約 0.1%であったのに対し、地上 50m 相当の図 4.2.2.3-23 では 4m/s を超える風速の発生頻度は約 21.1%、6m/s を超える風速の発生頻度は約 5.1%となった。また、地上 100m 相当の図 4.2.2.3-24 では 4m/s を超える風速の発生頻度は約 39.9%、6m/s を超える風速の発生頻度は約 10.7%となった。このように、高度特性においては高度の上昇に伴い大きな風速の頻度が大きく増加していることが確認された。

*EA 気象データに収録されている風向・風速は、観測時刻の前 10 分間の測定値を平均しその時刻の平均風向・平均風速としている点に注意する必要がある。

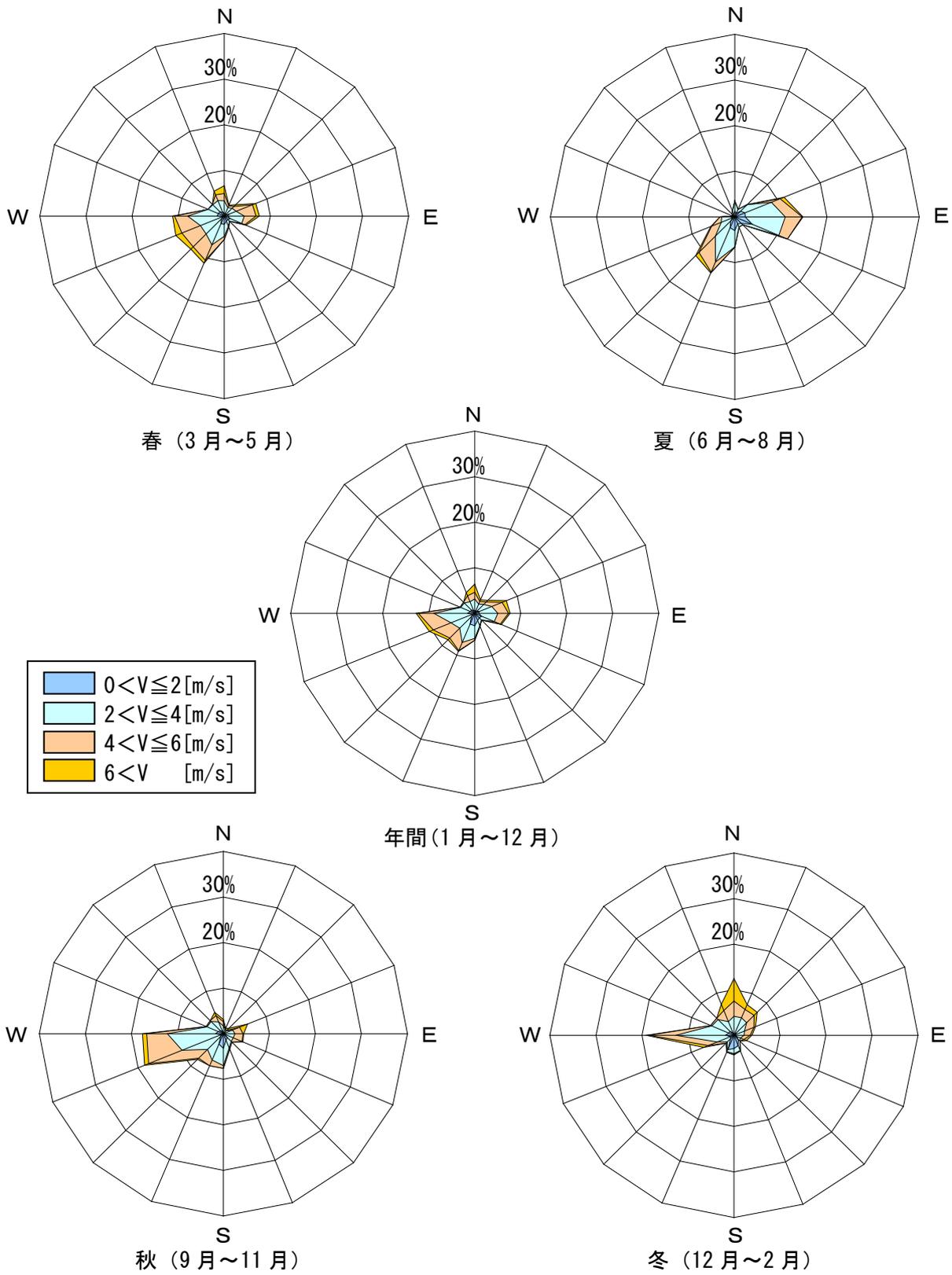


図 4. 2. 2. 3-3 風配図 (稚内, 高さ 6.5m)

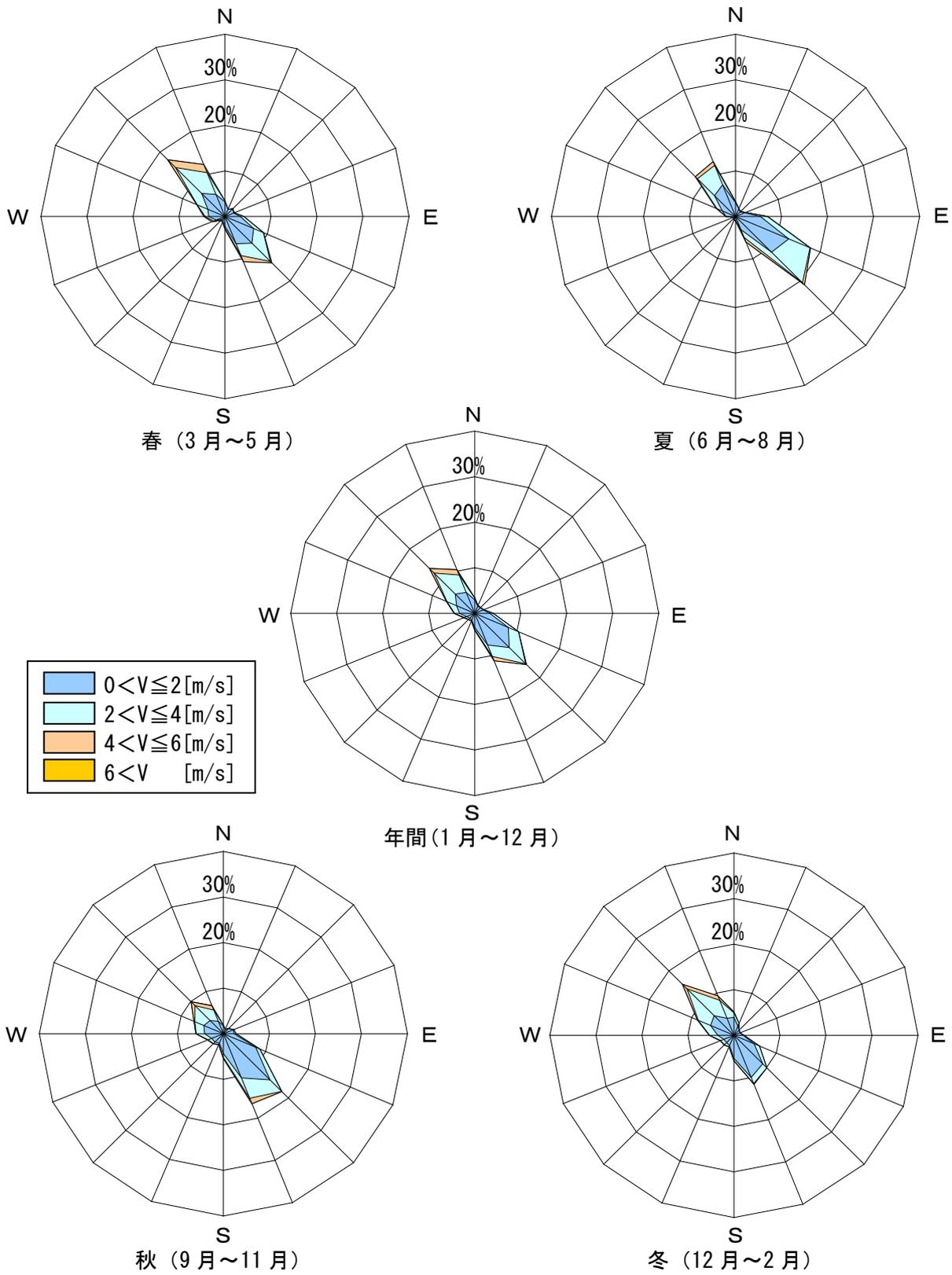


図 4. 2. 2. 3-4 風配図 (札幌, 高さ 6. 5m)

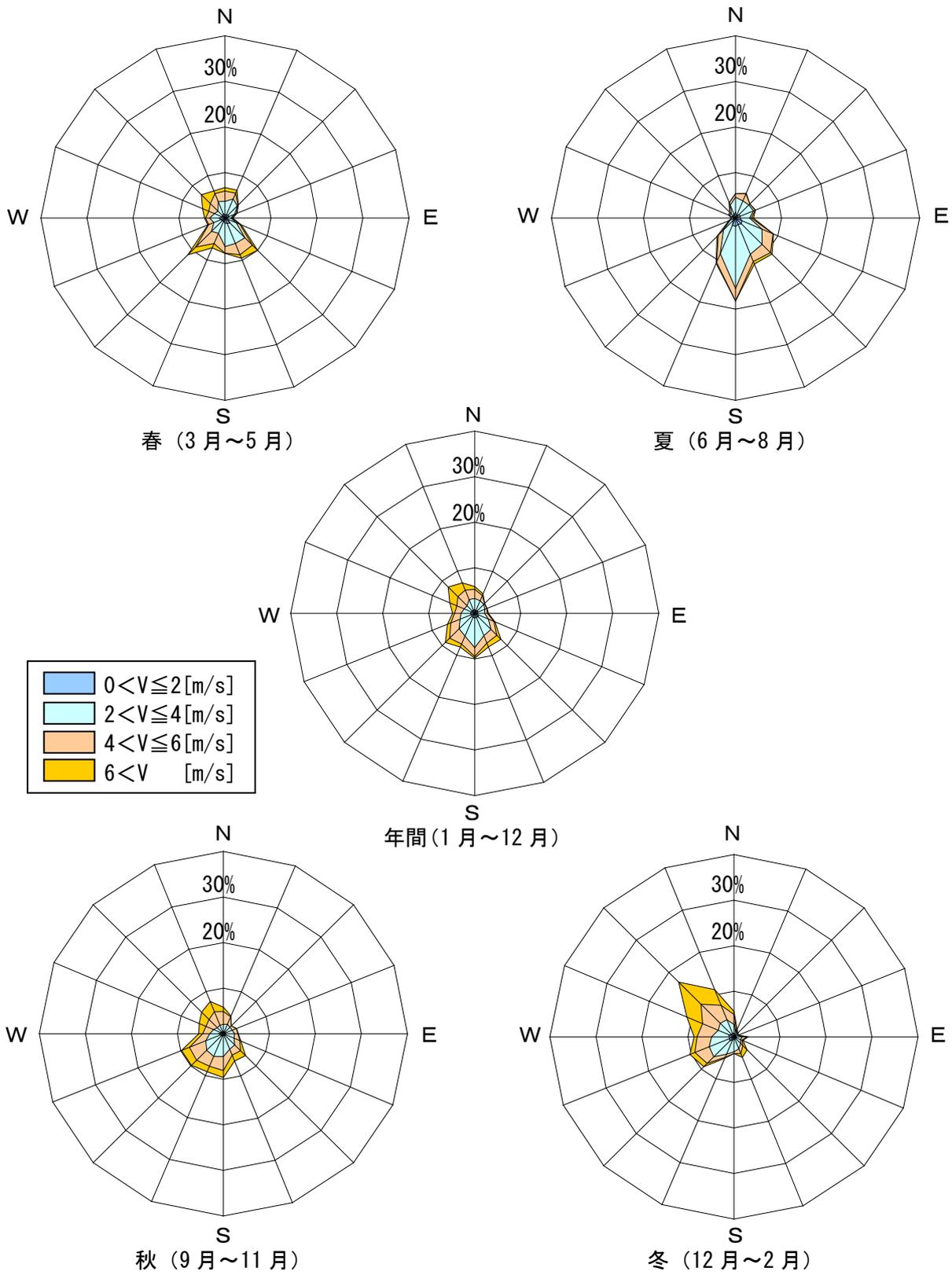


図 4. 2. 2. 3-5 風配図 (根室, 高さ 6.5m)

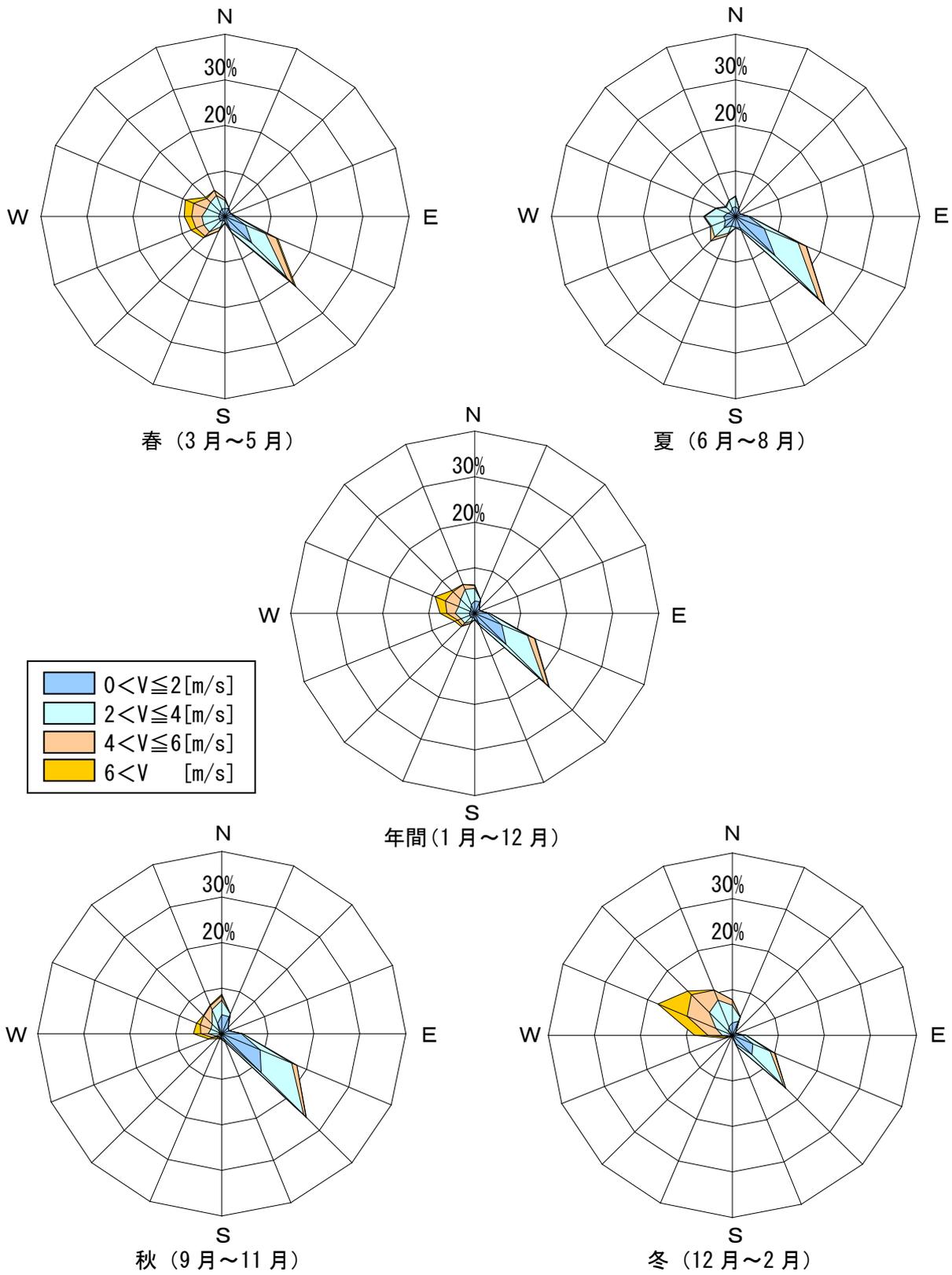


図 4.2.2.3-6 風配図 (秋田, 高さ 6.5m)

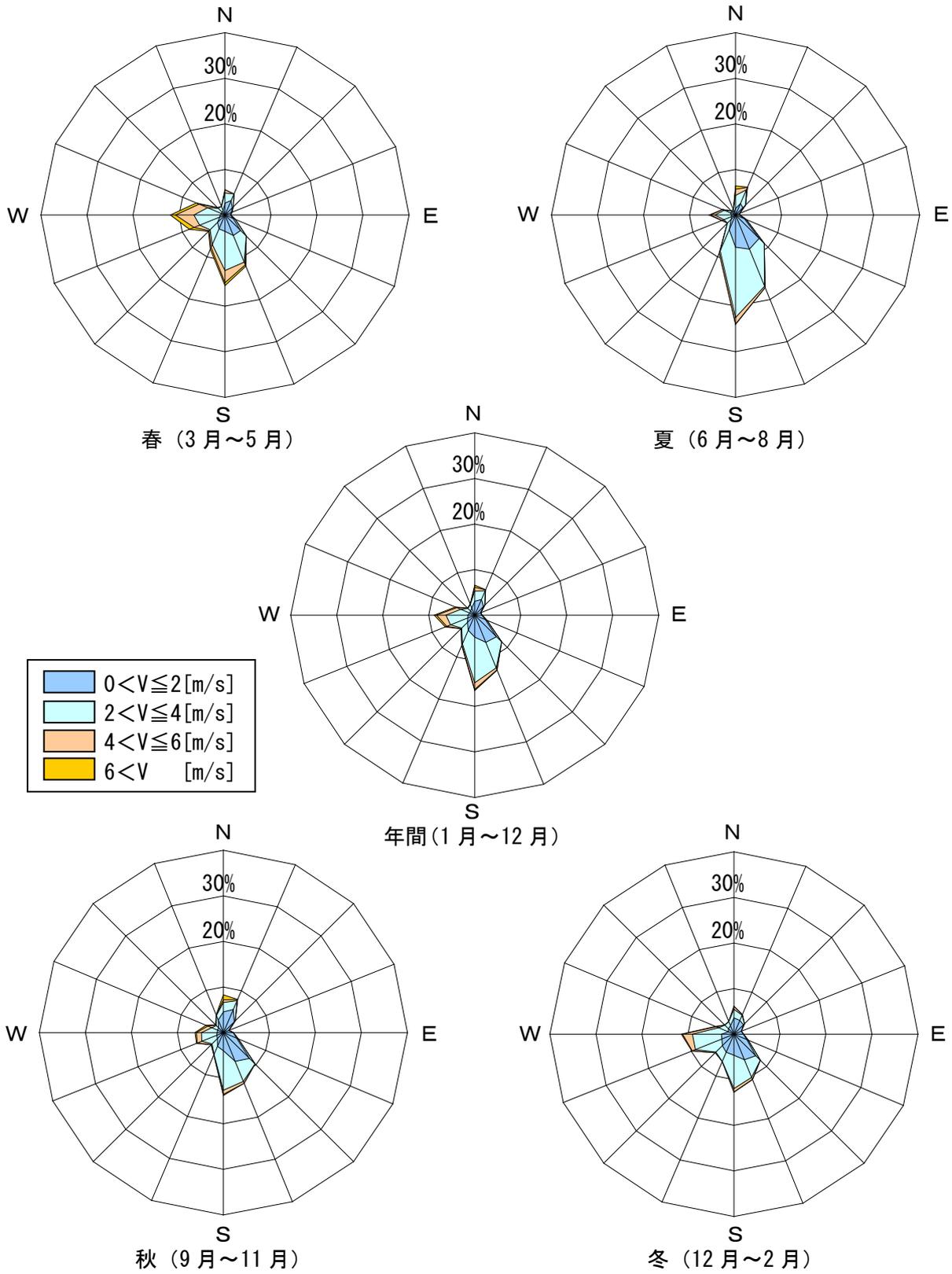


図 4.2.2.3-7 風配図 (盛岡, 高さ 6.5m)

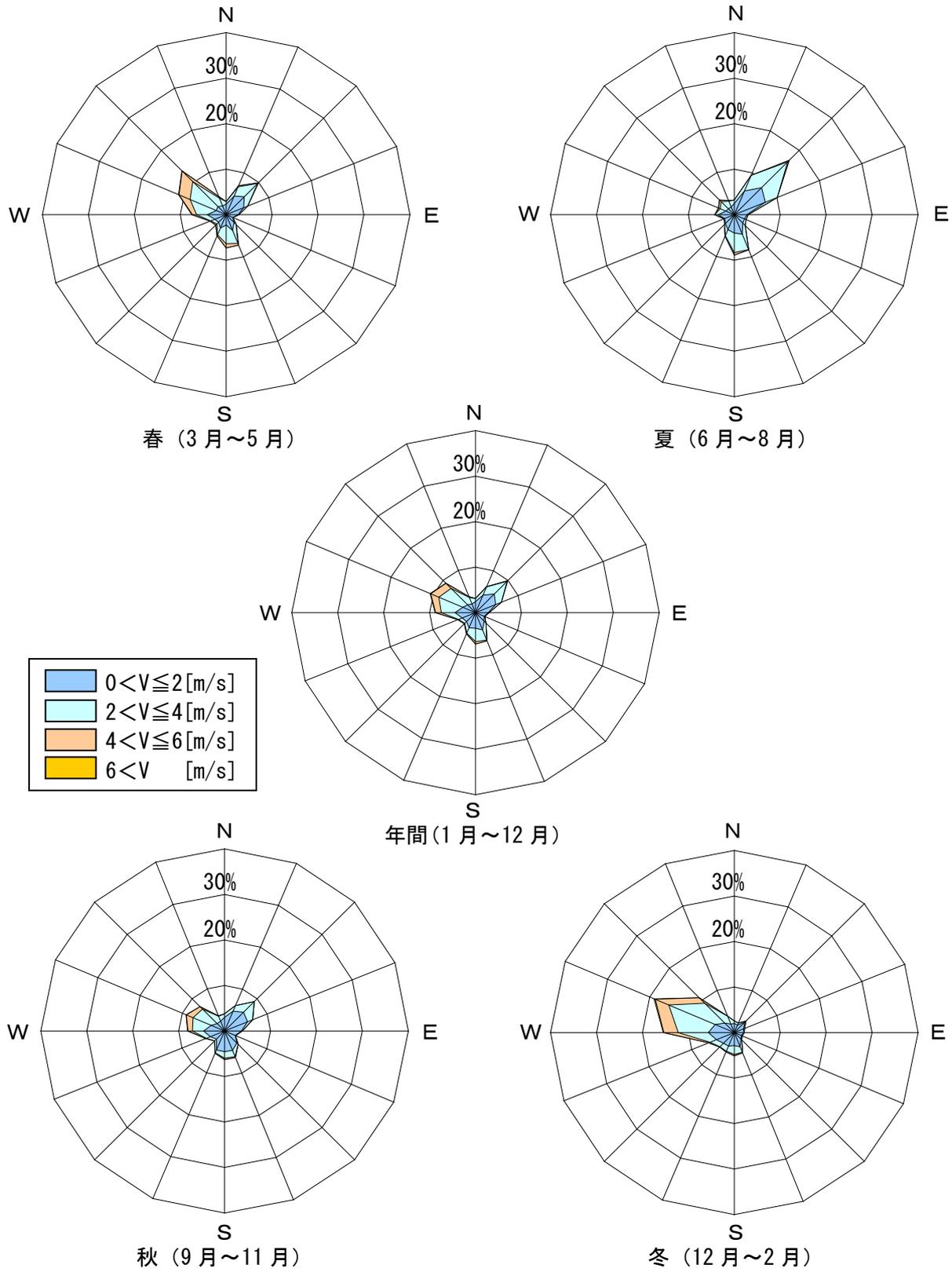


図 4.2.2.3-8 風配図 (福島, 高さ 6.5m)

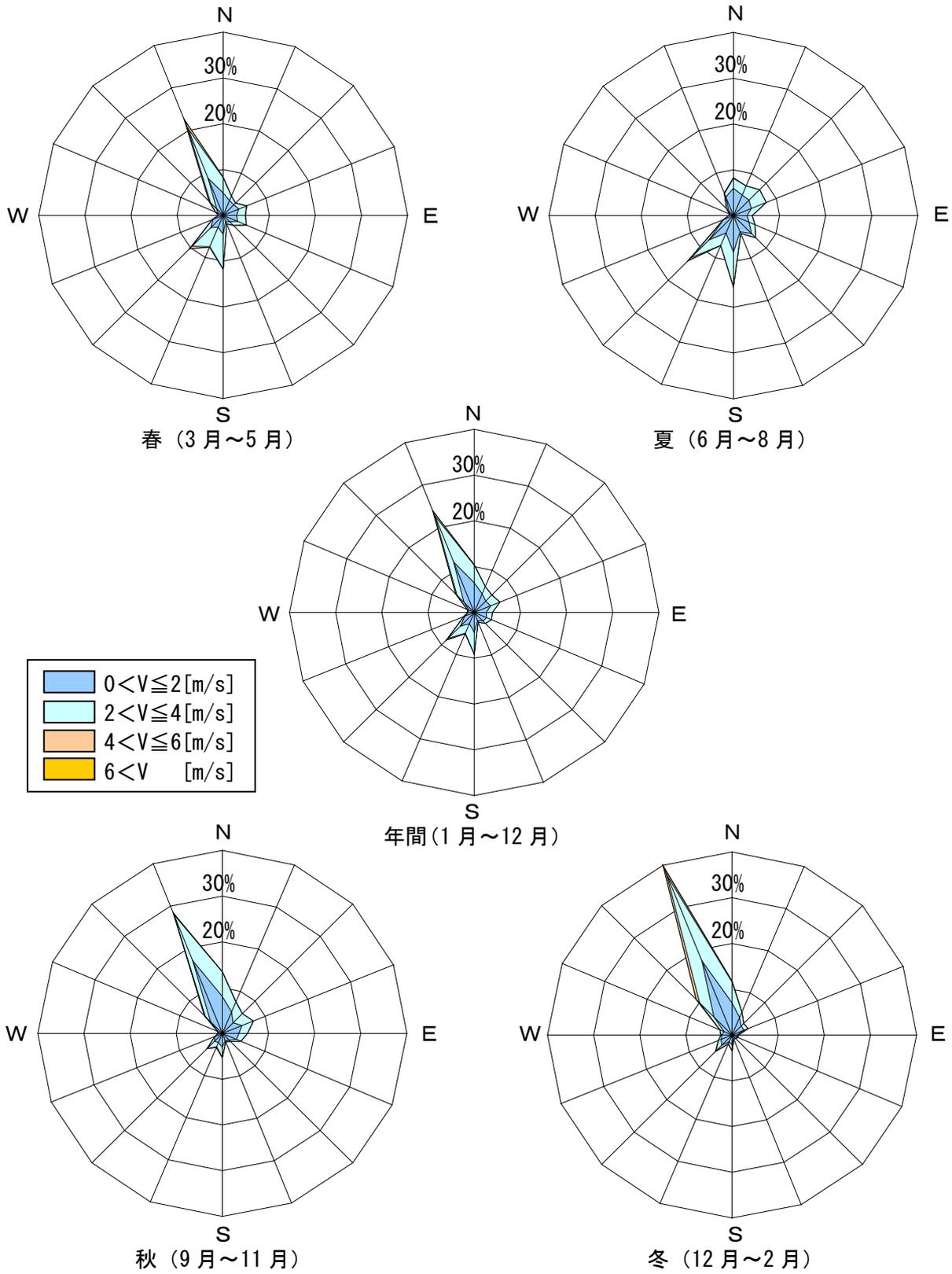


図 4. 2. 2. 3-9 風配図 (東京, 高さ 6. 5m)

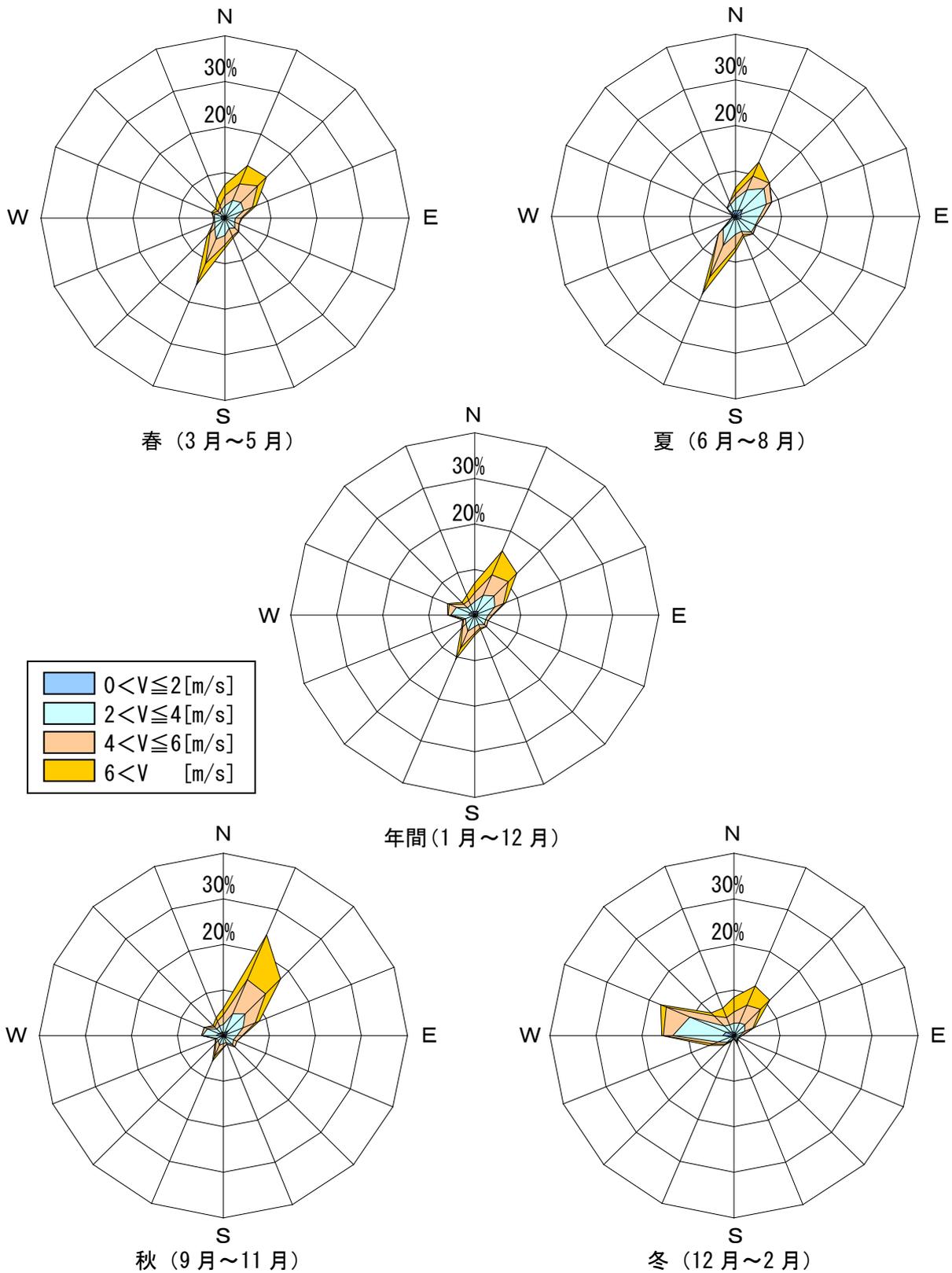


図 4.2.2.3-10 風配図 (鉾子, 高さ 6.5m)

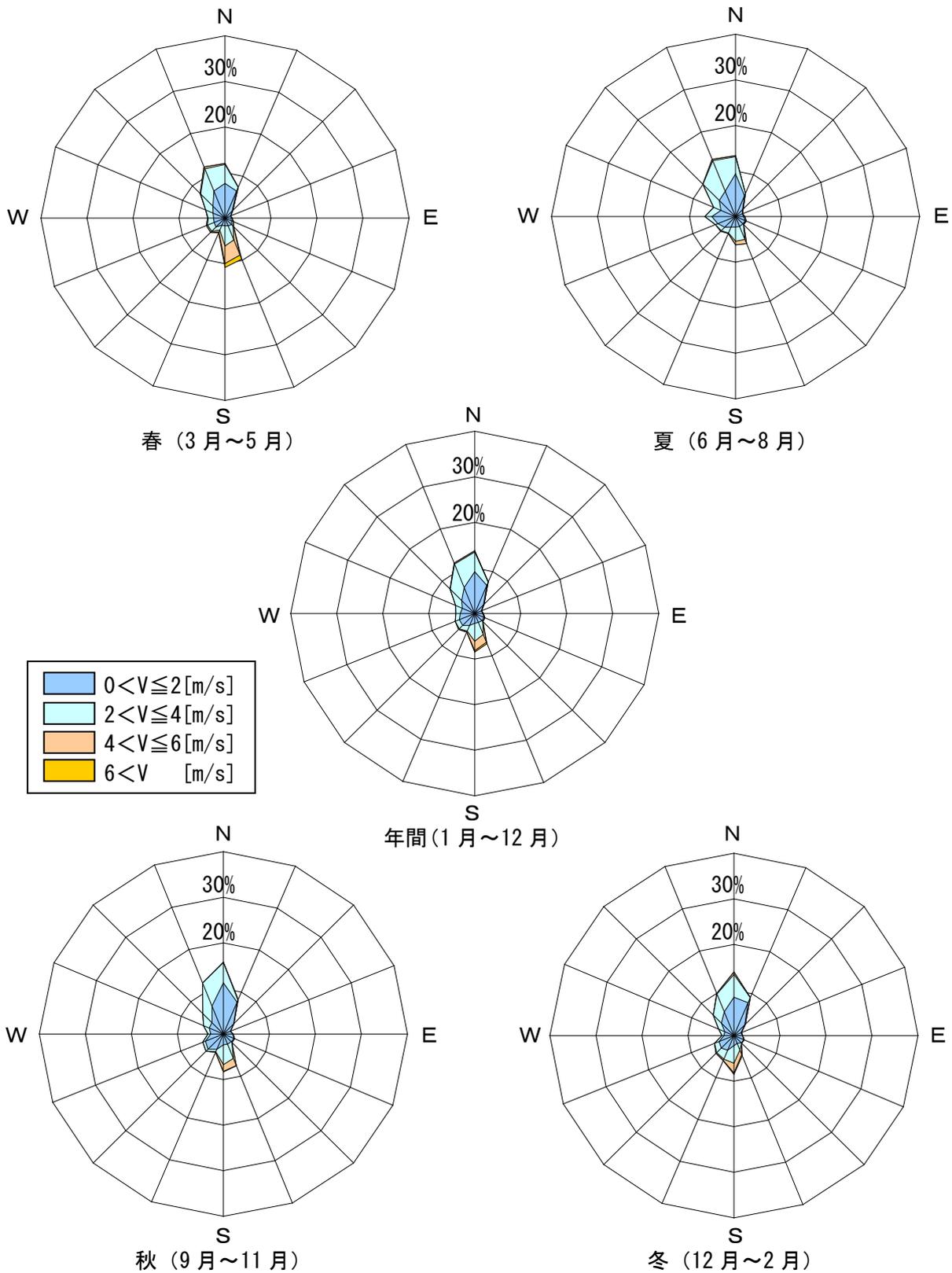


図 4.2.2.3-11 風配図 (松本, 高さ 6.5m)

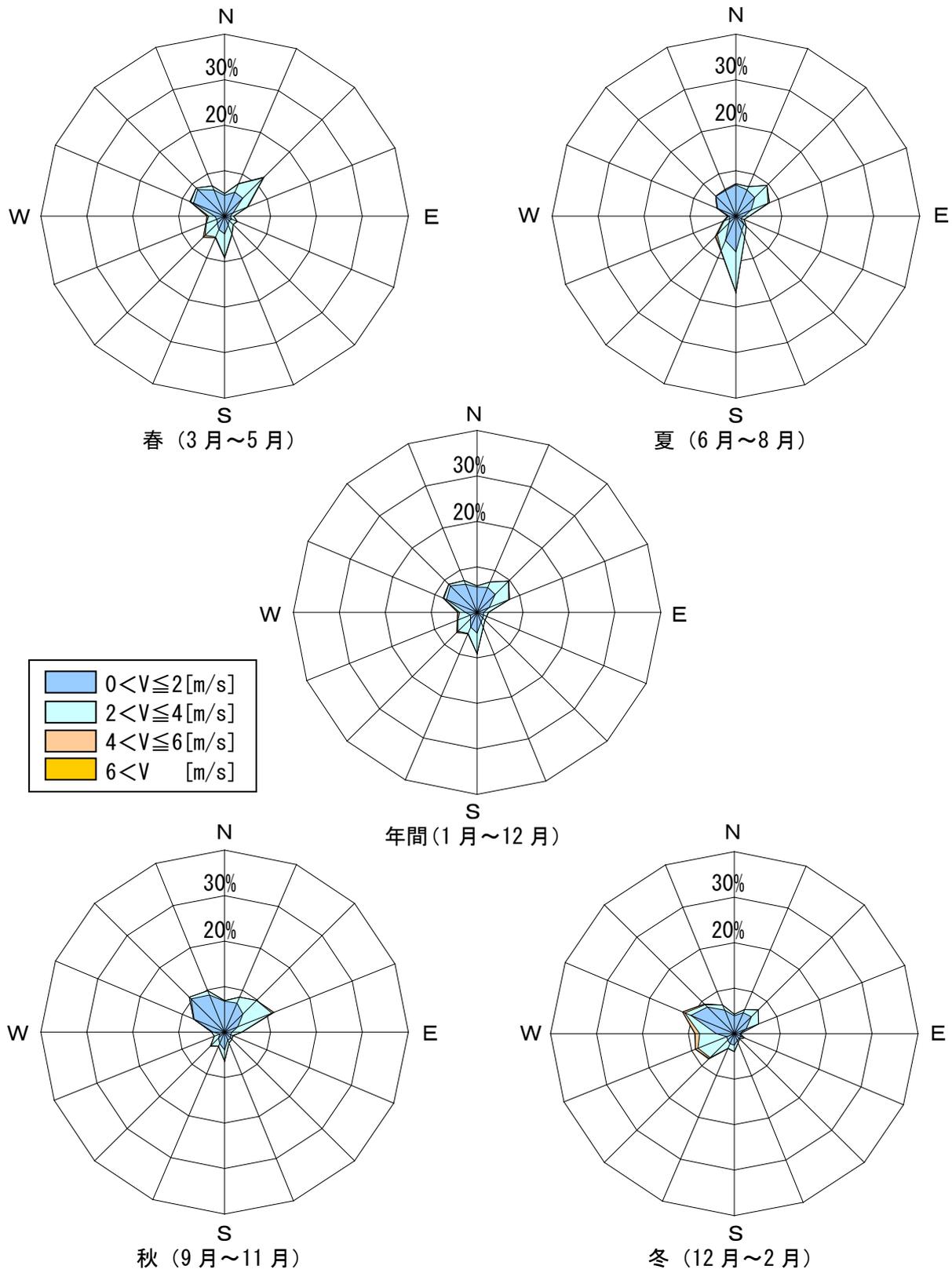


図 4.2.2.3-12 風配図 (静岡, 高さ 6.5m)

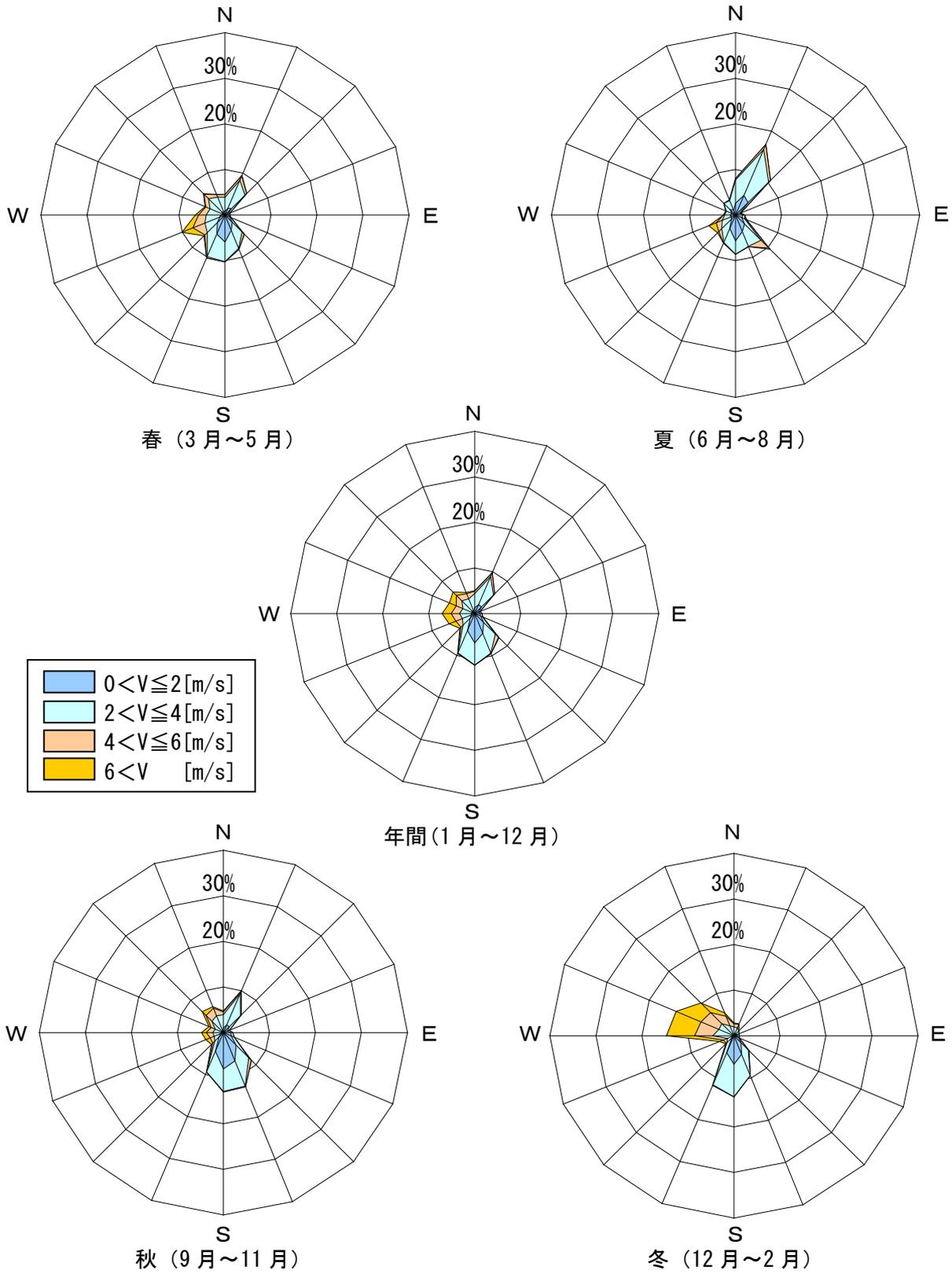


図 4.2.2.3-13 風配図 (新潟, 高さ 6.5m)

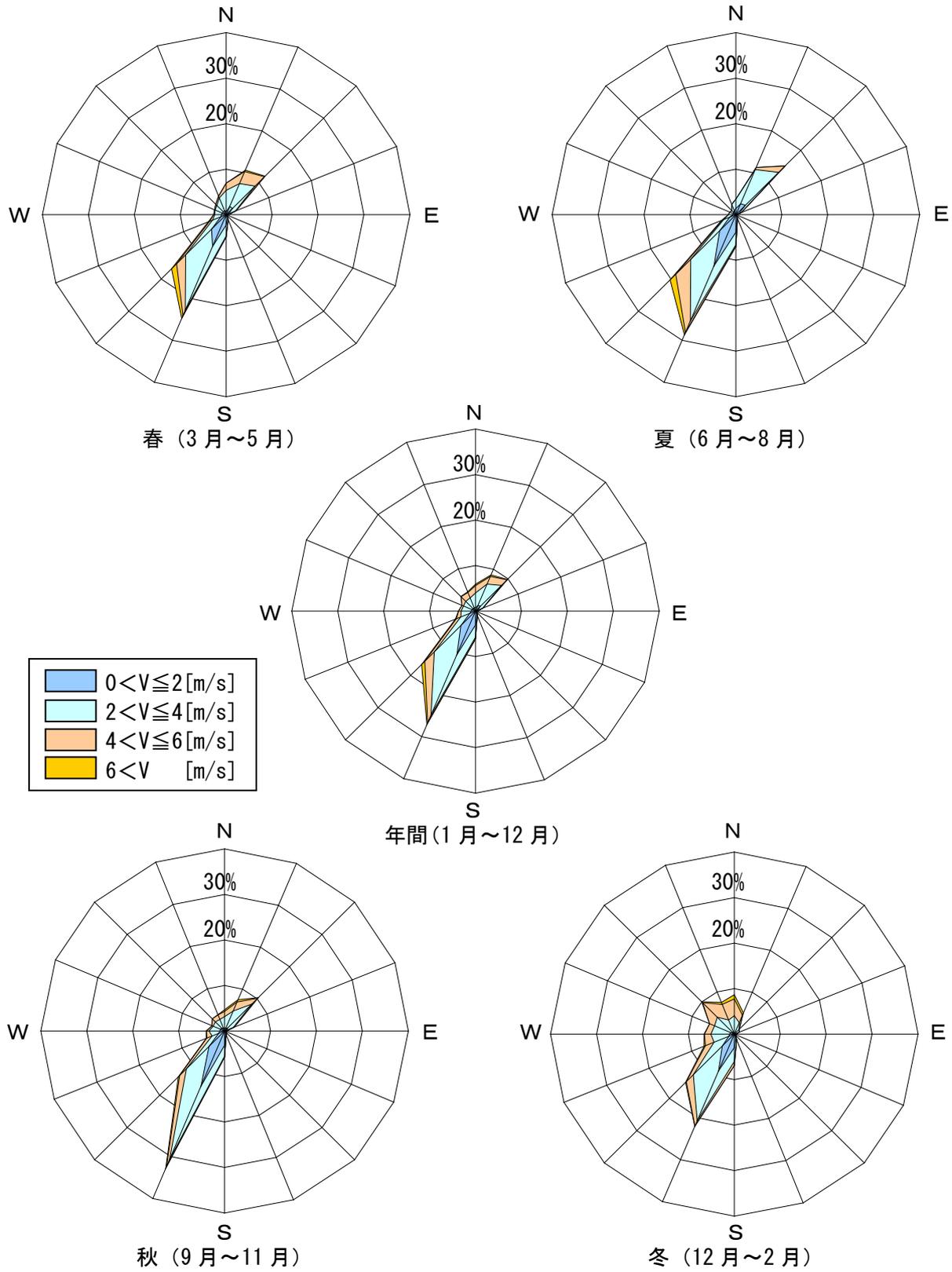


図 4.2.2.3-14 風配図 (輪島, 高さ 6.5m)

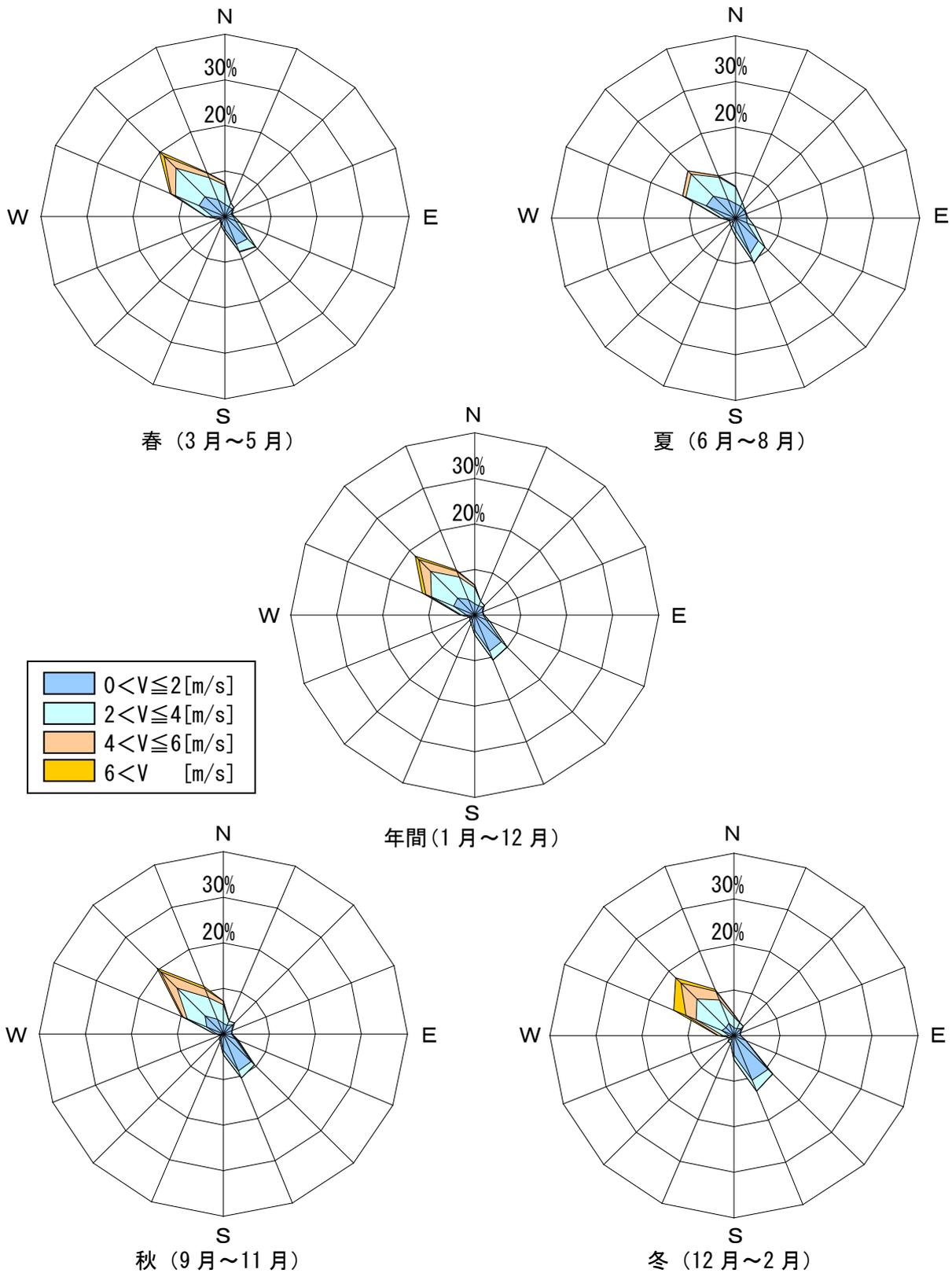


図 4. 2. 2. 3-15 風配図 (彦根, 高さ 6.5m)

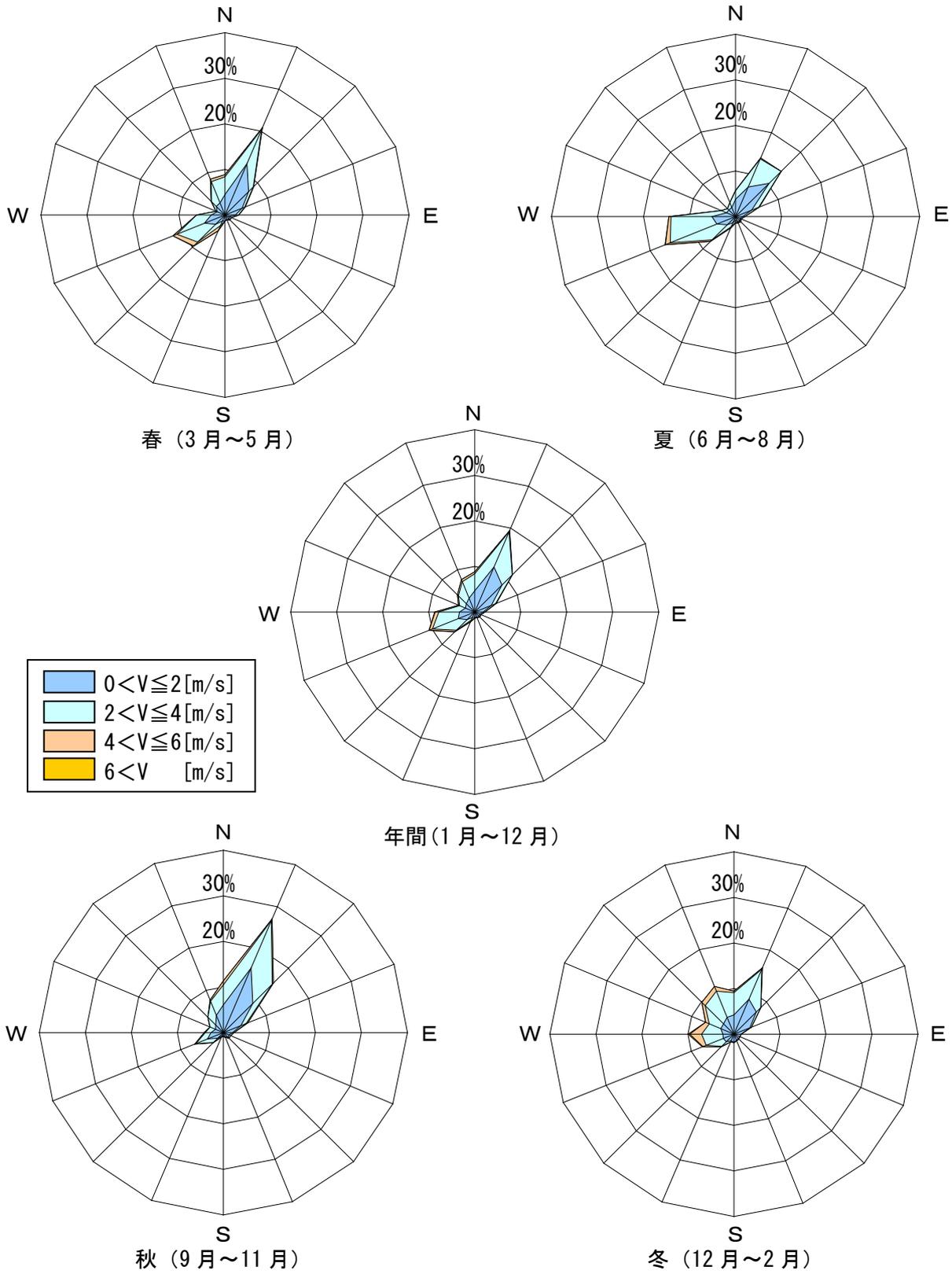


図 4.2.2.3-16 風配図 (大阪, 高さ 6.5m)

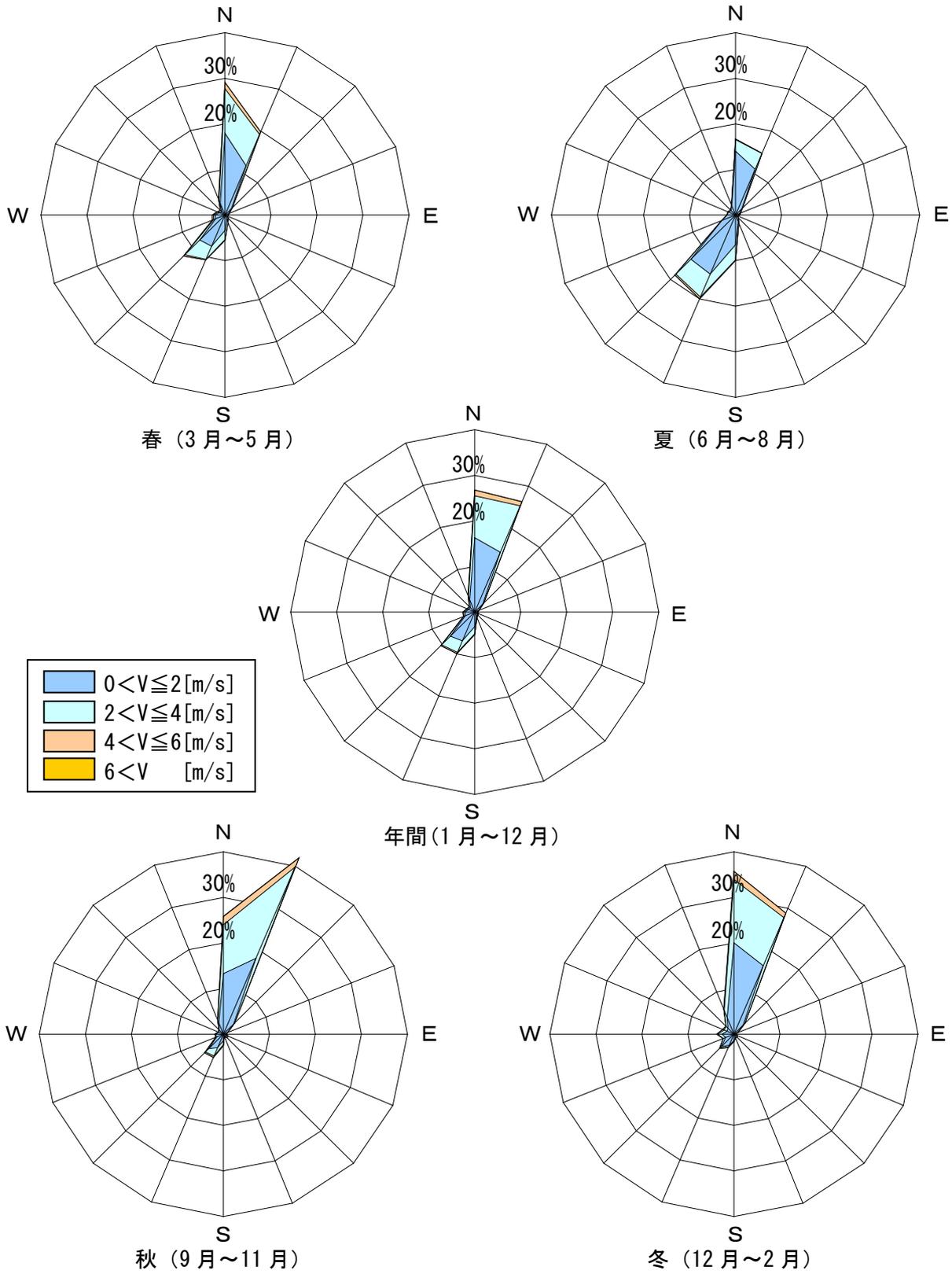


図 4.2.2.3-17 風配図 (広島, 高さ 6.5m)

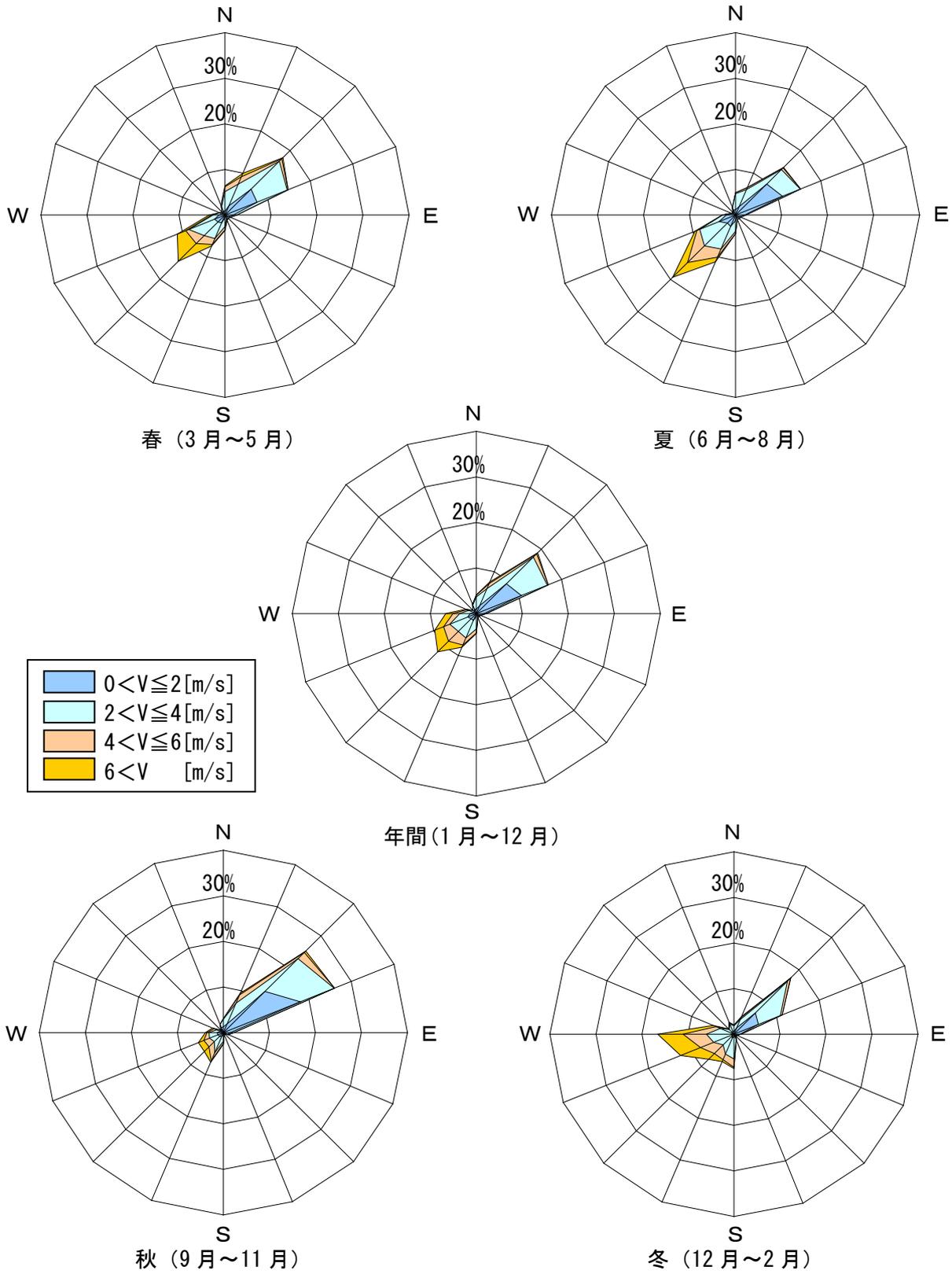


図 4.2.2.3-18 風配図 (浜田, 高さ 6.5m)

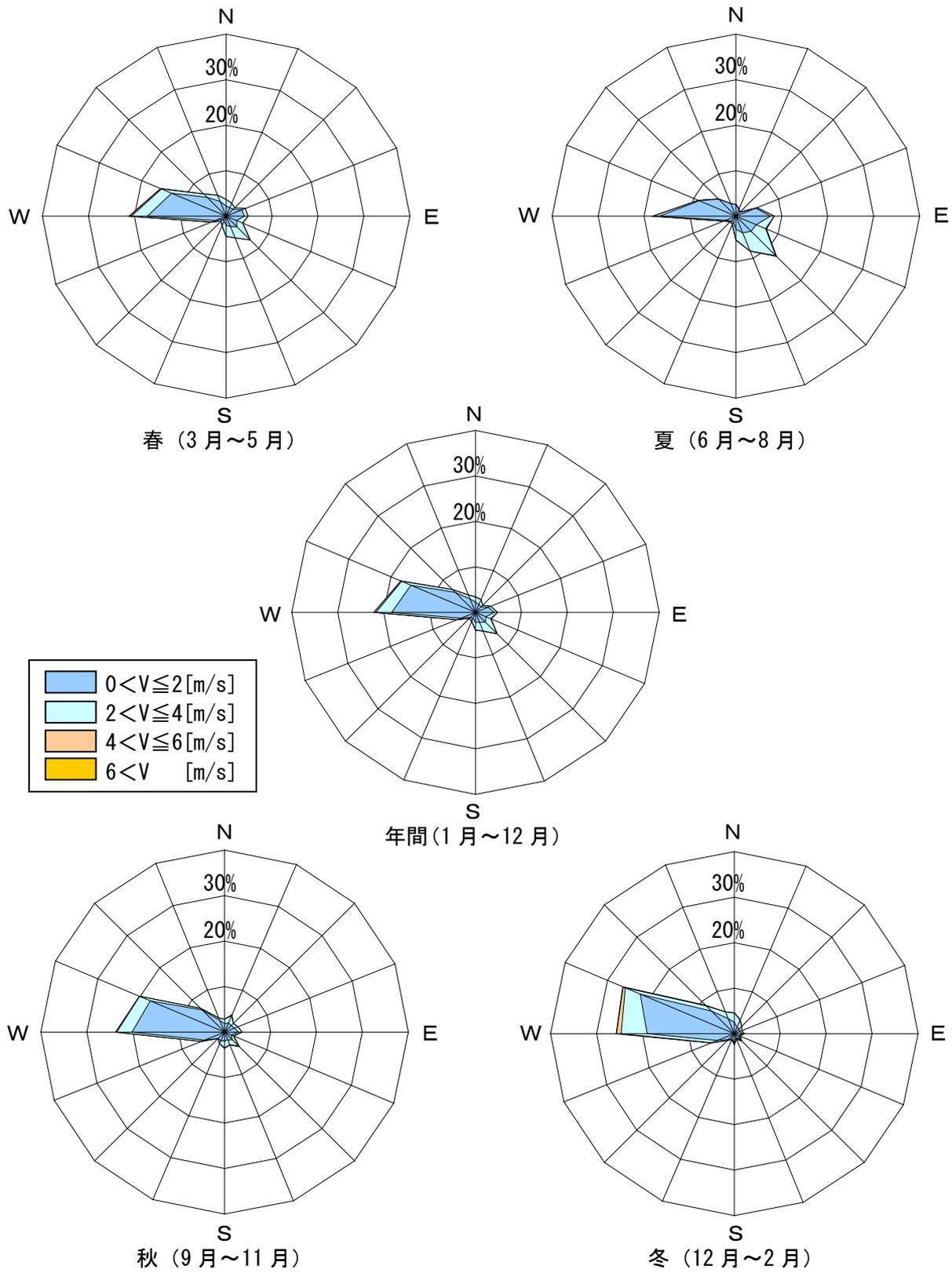


図 4.2.2.3-19 風配図 (高知, 高さ 6.5m)

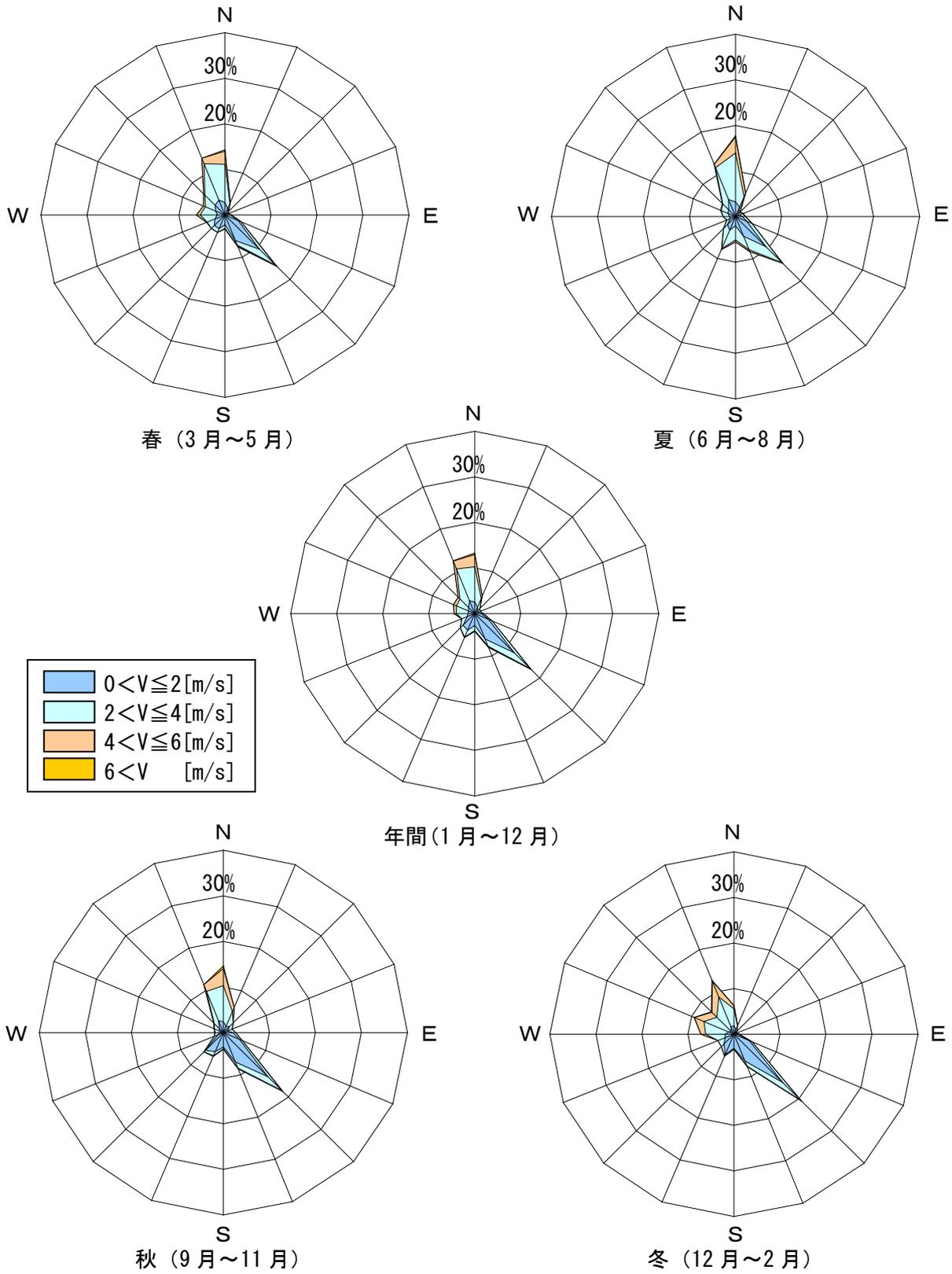


図 4. 2. 2. 3-20 風配図 (福岡, 高さ 6.5m)

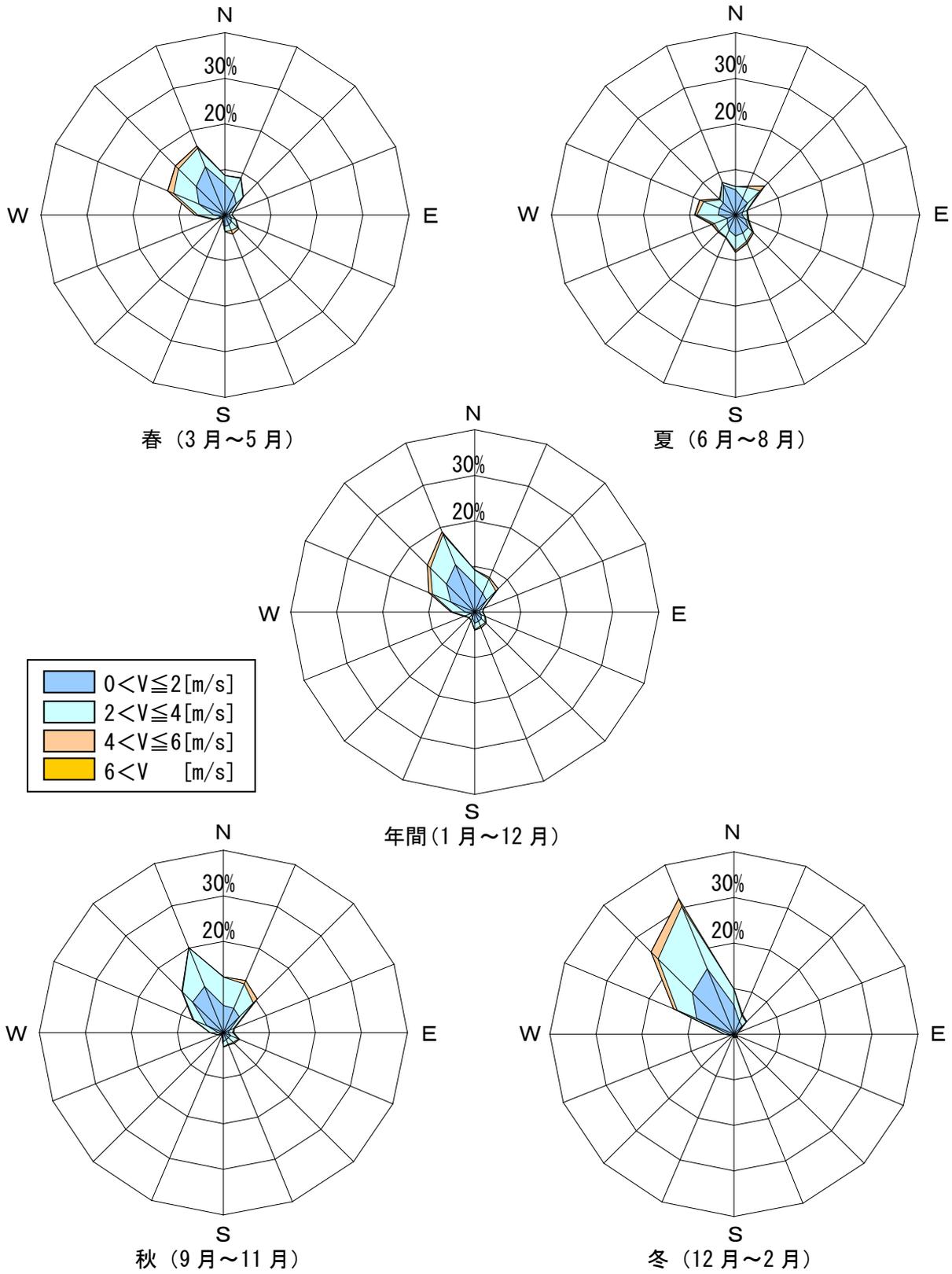


図 4. 2. 2. 3-21 風配図 (鹿児島, 高さ 6.5m)

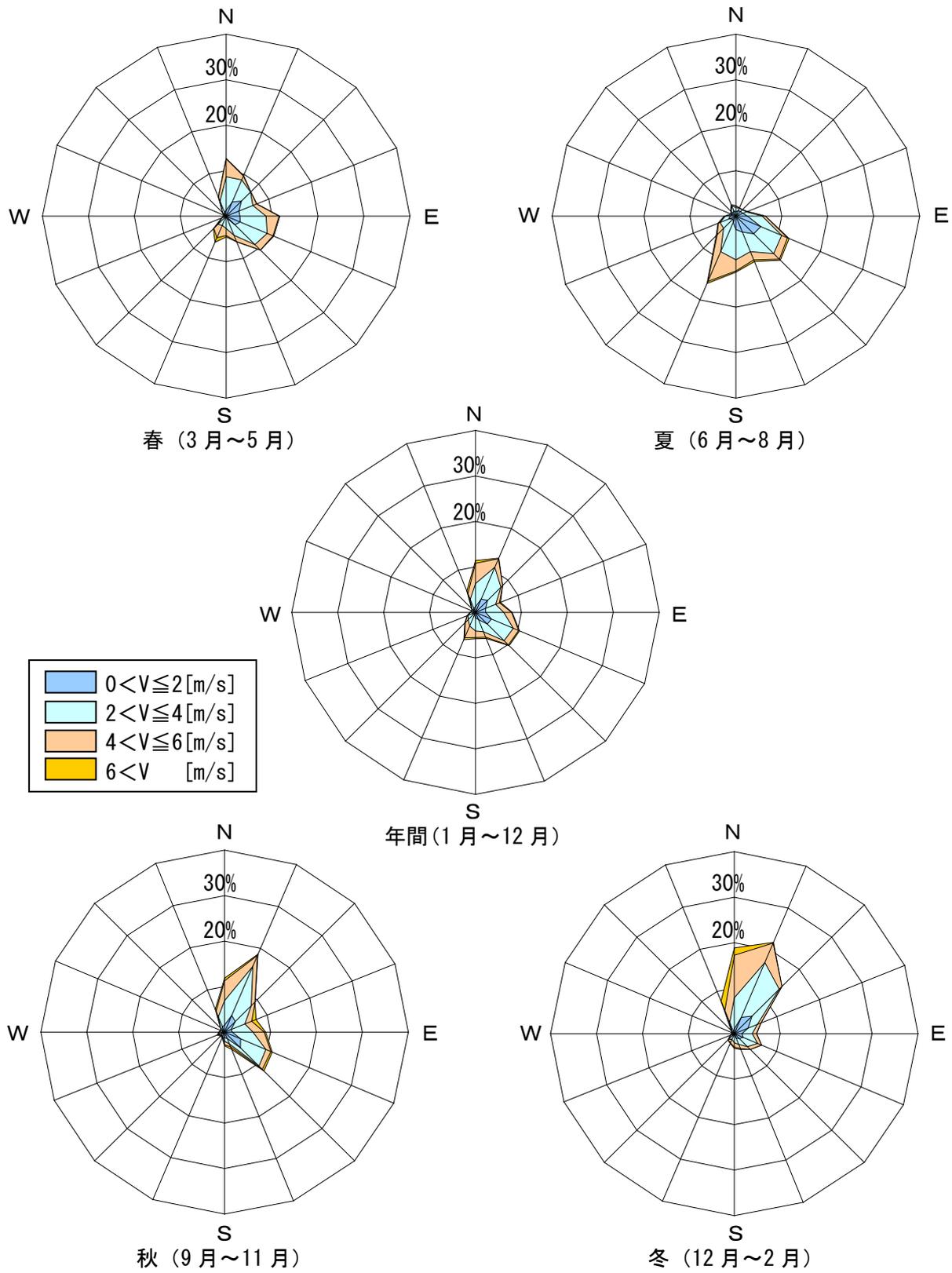


図 4.2.2.3-22 風配図 (那覇, 高さ 6.5m)

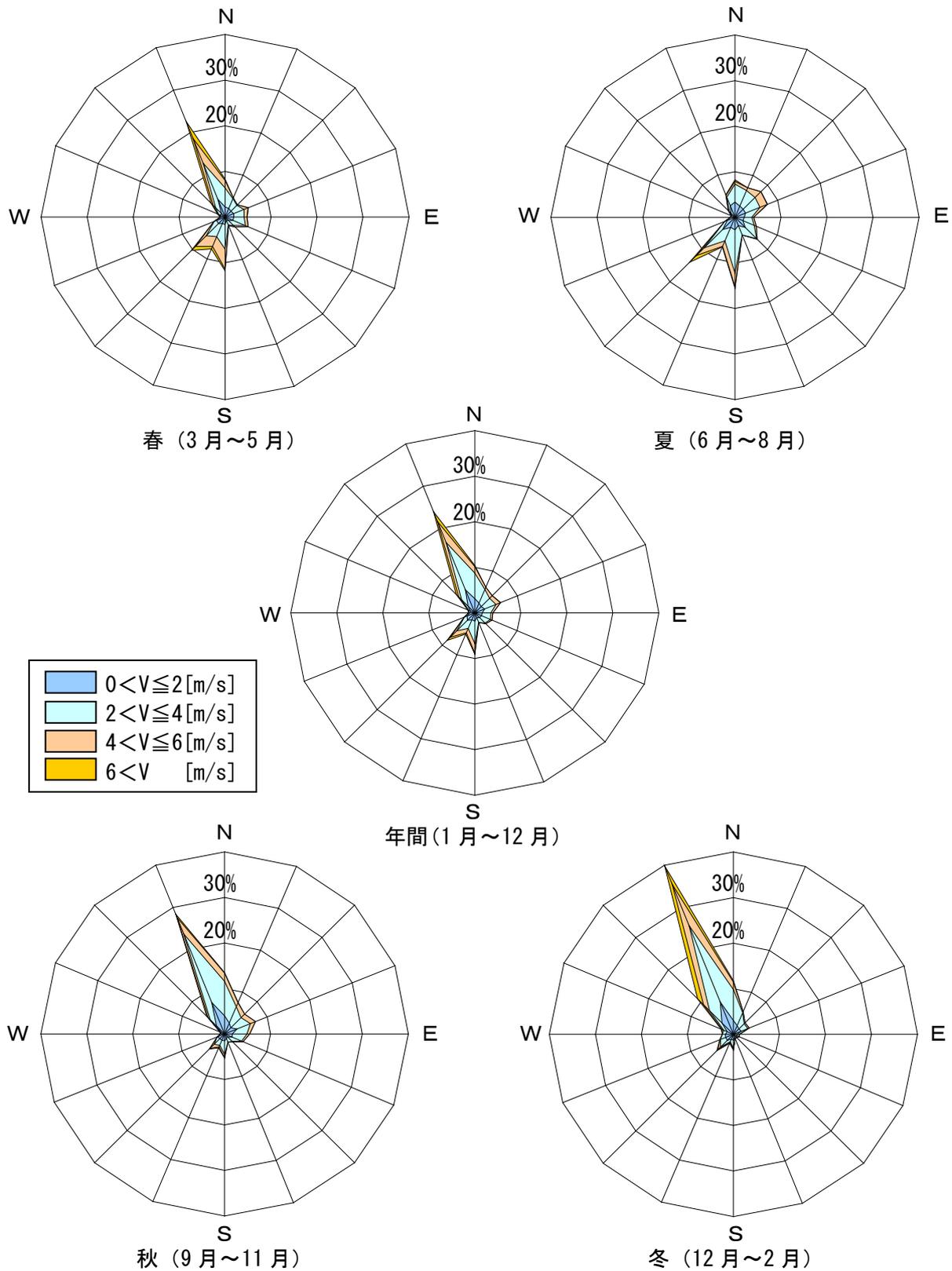


図 4. 2. 2. 3-23 風配図 (東京, 高さ 50m)

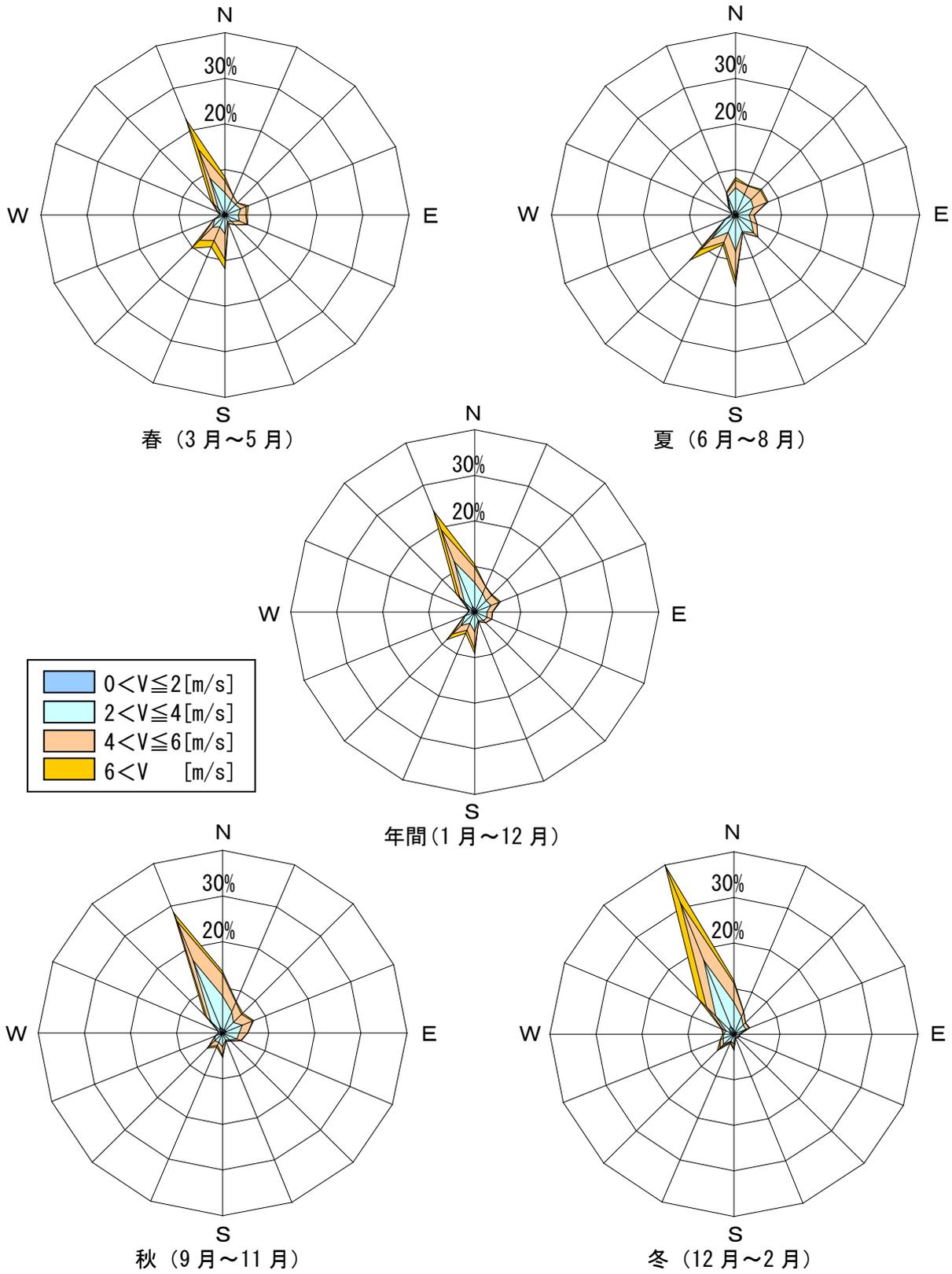


図 4.2.2.3-24 風配図 (東京, 高さ 100m)

[4] 国内の主要地点における室外側対流熱伝達率の頻度分布

風向・風速は地点や季節、高度により大きく異なることを前述した。ここでは、東西南北の各方位に配置した垂直面に対し、前述の国内主要地点 20 箇所の風向・風速を与えた際に得られる室外側対流熱伝達率の頻度分布を調査したので、その報告をする。

風向・風速から対流熱伝達率を算定する計算式には、前述の ISO 15099⁴⁾による(4.2.2.1-2)式～(4.2.2.1-5)式を使用した。図 4.2.2.4-1～図 4.2.2.4-20 に国内の主要地点 20 箇所における地上 10m 相当の各垂直面に対する室外側対流熱伝達率の頻度分布を示す。図より、ISO 15099⁴⁾における風上側に卓越風向があり、かつ 6m/s を超える風速の頻度が高い銚子の北面や浜田の南面・西面においては、室外側対流熱伝達率 $15\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ を超える値の頻度が高いものの、風下側ではその頻度が低いことがわかる。また、静岡・高知などの風速が小さい地点では室外側対流熱伝達率が $10\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 以下の頻度が高いことがわかる。図 4.2.2.4-21 に東京における地上 50m 相当の、図 4.2.2.4-22 に東京における地上 100m 相当の各垂直面に対する室外側対流熱伝達率の頻度分布を示す。東京における地上 10m 相当の図 4.2.2.4-7 においてはすべての垂直面で室外側対流熱伝達率が $10\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 以下の頻度が非常に高いが、地上 50m 相当、地上 100m 相当と高度が上昇するにしたがって卓越風の風上側にあたる北面において室外側対流熱伝達率が $10\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ を超える頻度が他の垂直面に比べて高くなっている。このように窓面の方位や地点・季節・高度の風向・風速によって室外側対流熱伝達率は大きく変動することが確認された。

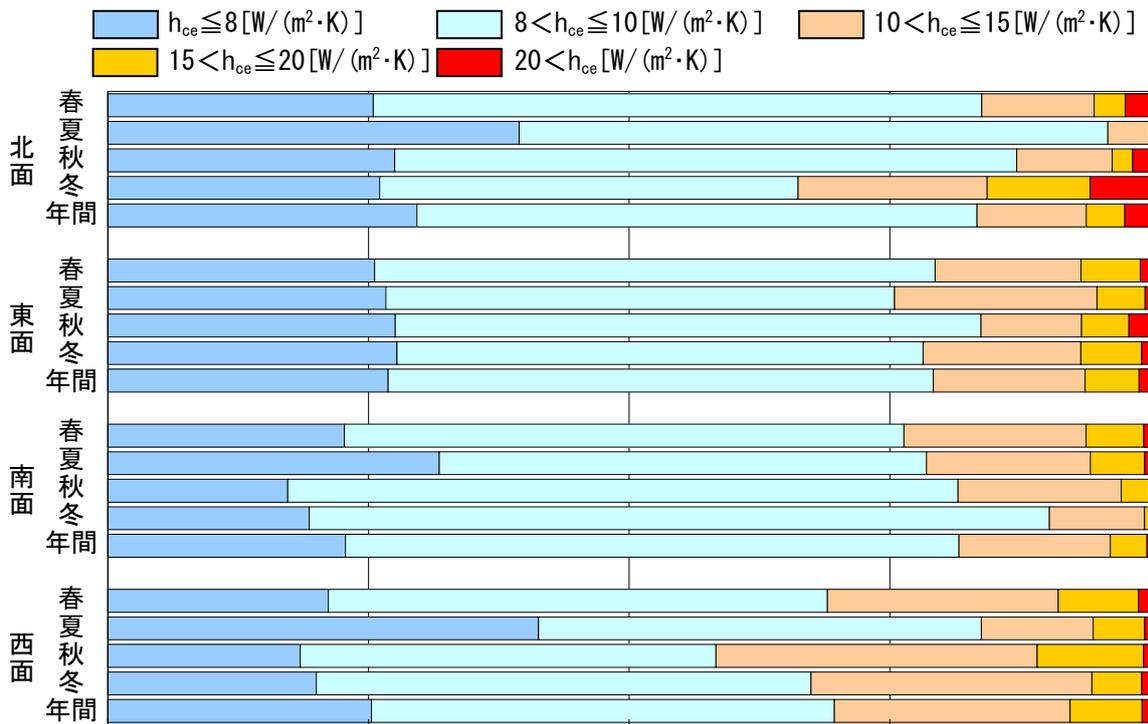


図 4.2.2.4-1 対流熱伝達率の頻度分布（稚内，高さ 10m）

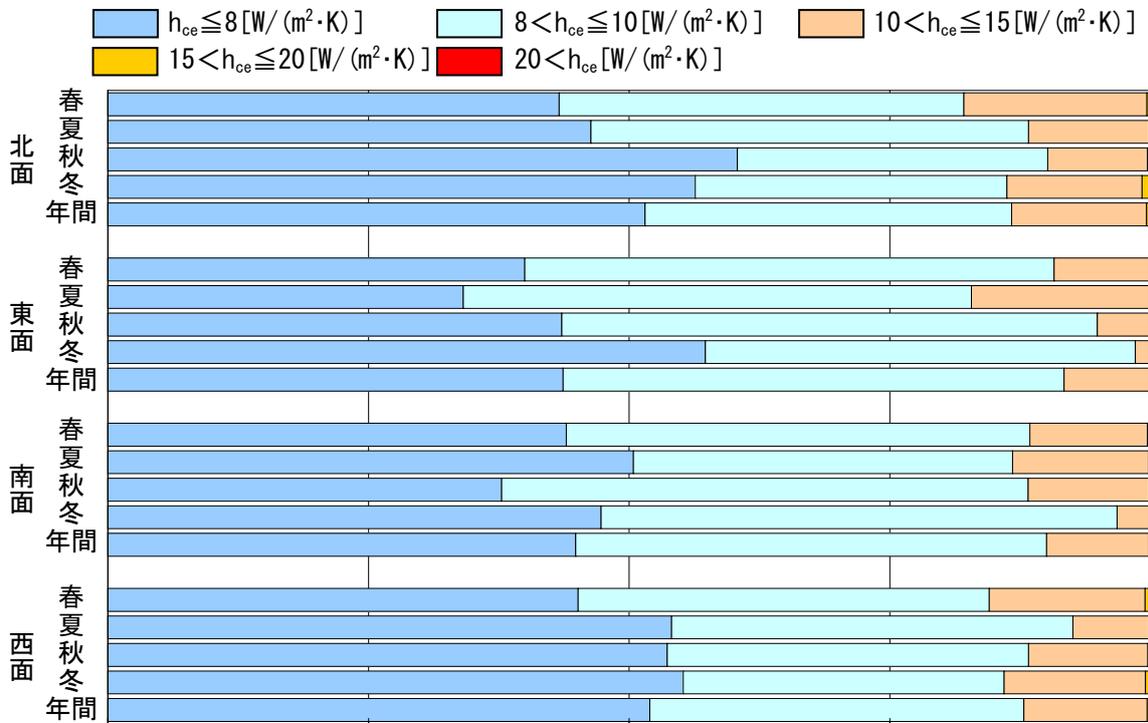


図 4.2.2.4-2 対流熱伝達率の頻度分布（札幌，高さ 10m）

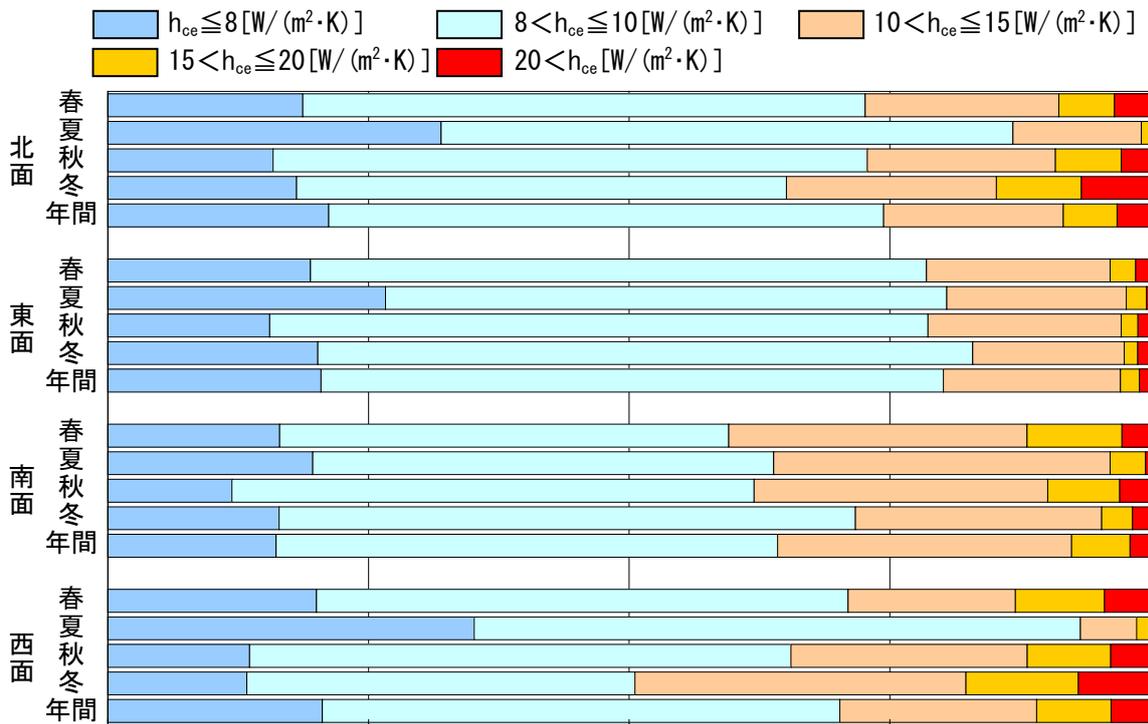


図 4.2.2.4-3 対流熱伝達率の頻度分布 (根室, 高さ 10m)

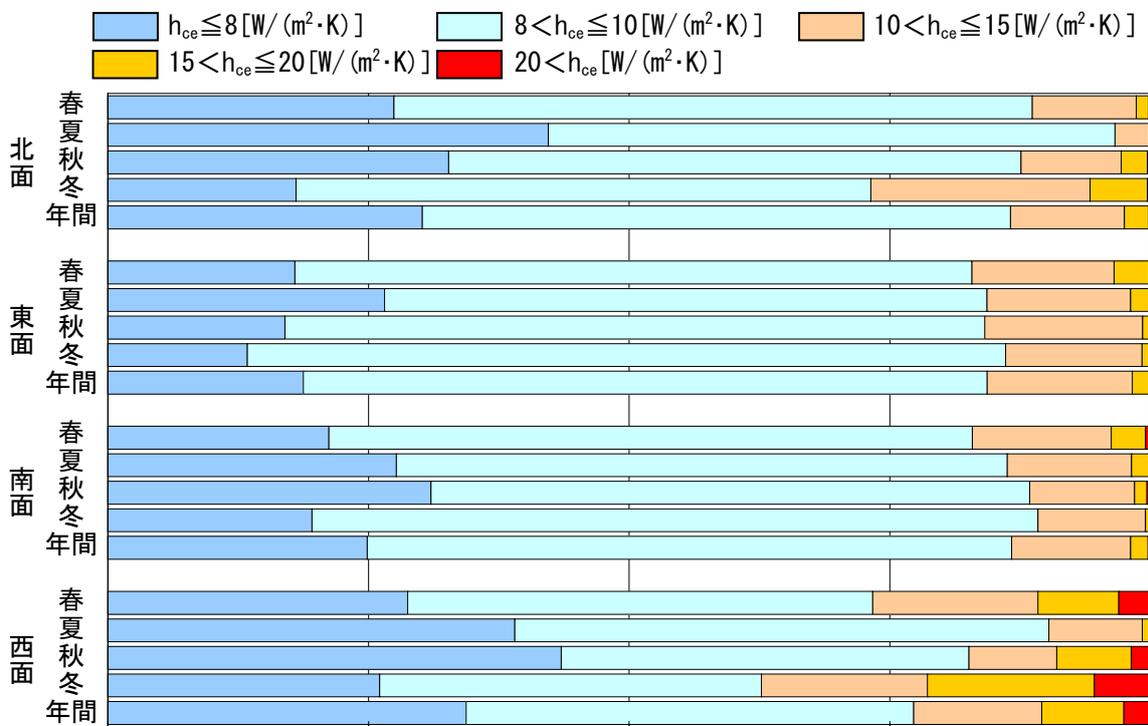


図 4.2.2.4-4 対流熱伝達率の頻度分布 (秋田, 高さ 10m)

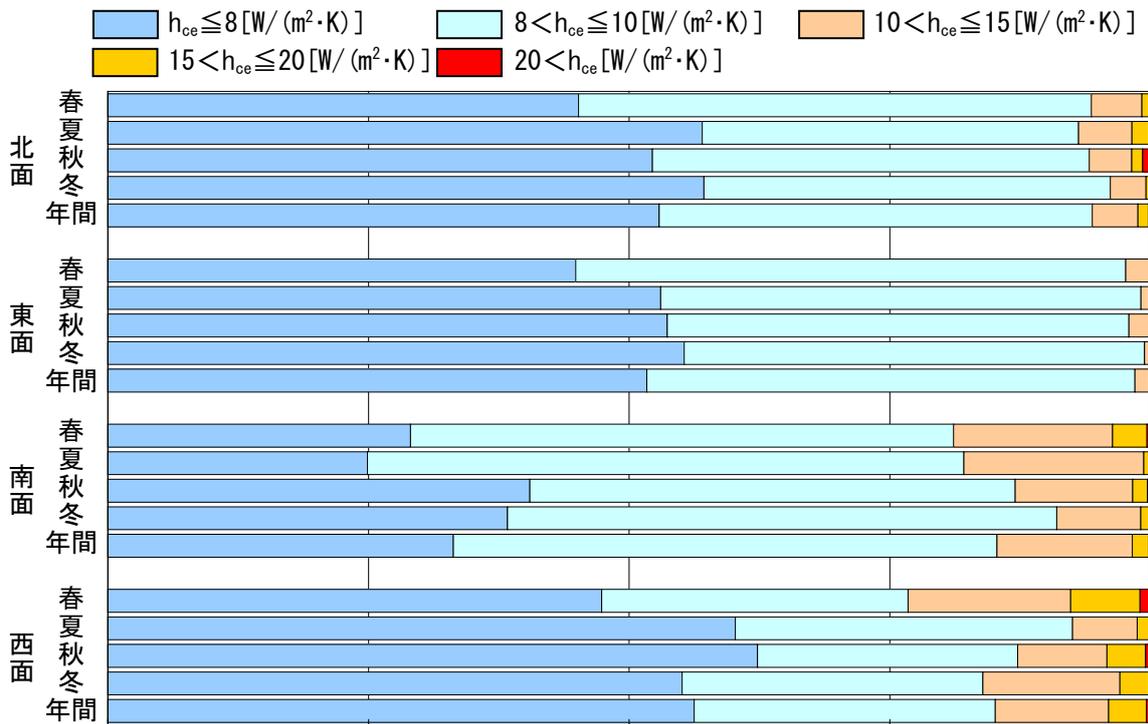


図 4.2.2.4-5 対流熱伝達率の頻度分布（盛岡，高さ 10m）

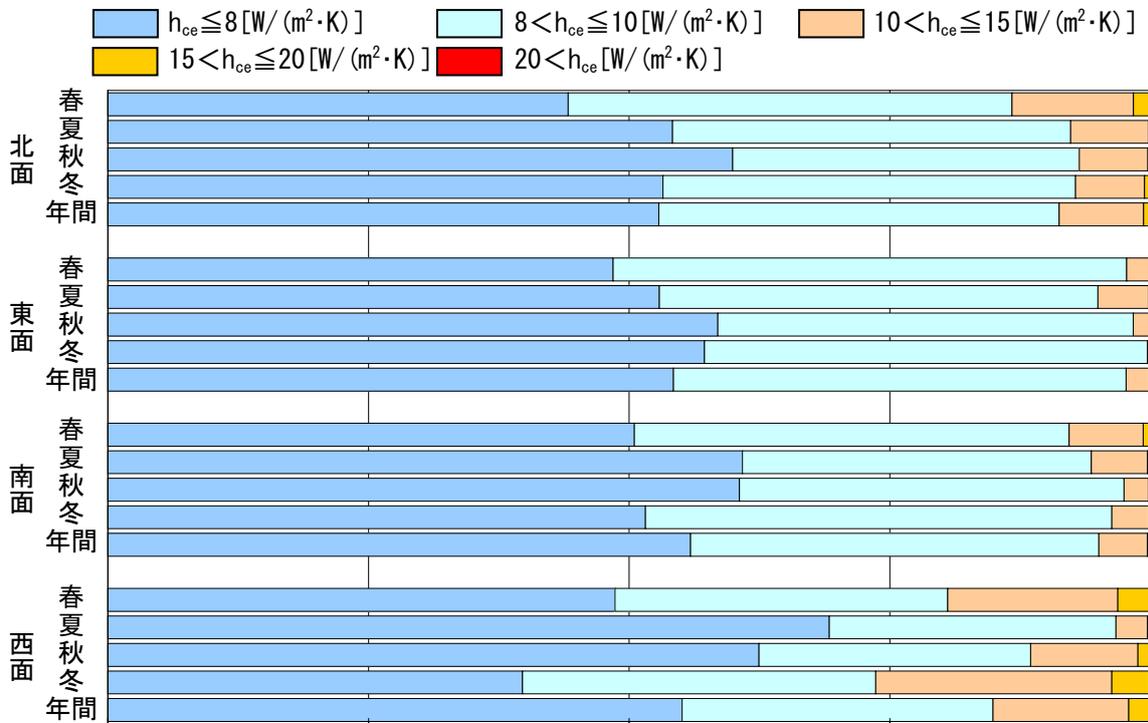


図 4.2.2.4-6 対流熱伝達率の頻度分布（福島，高さ 10m）

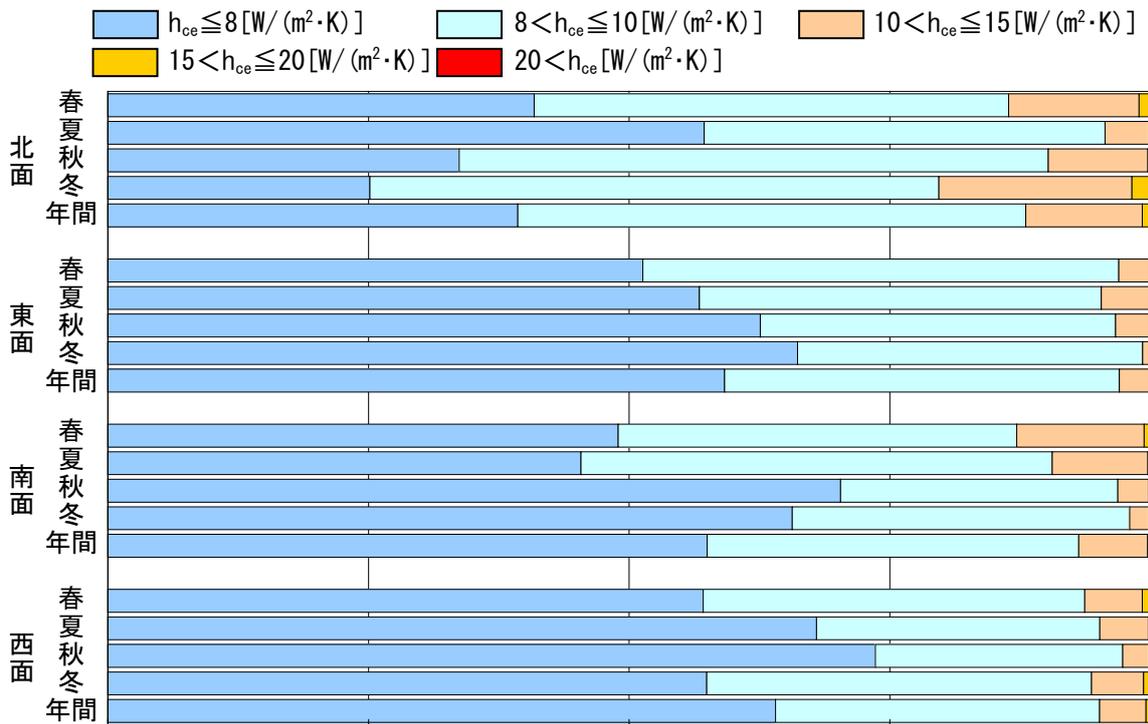


図 4.2.2.4-7 対流熱伝達率の頻度分布（東京，高さ 10m）

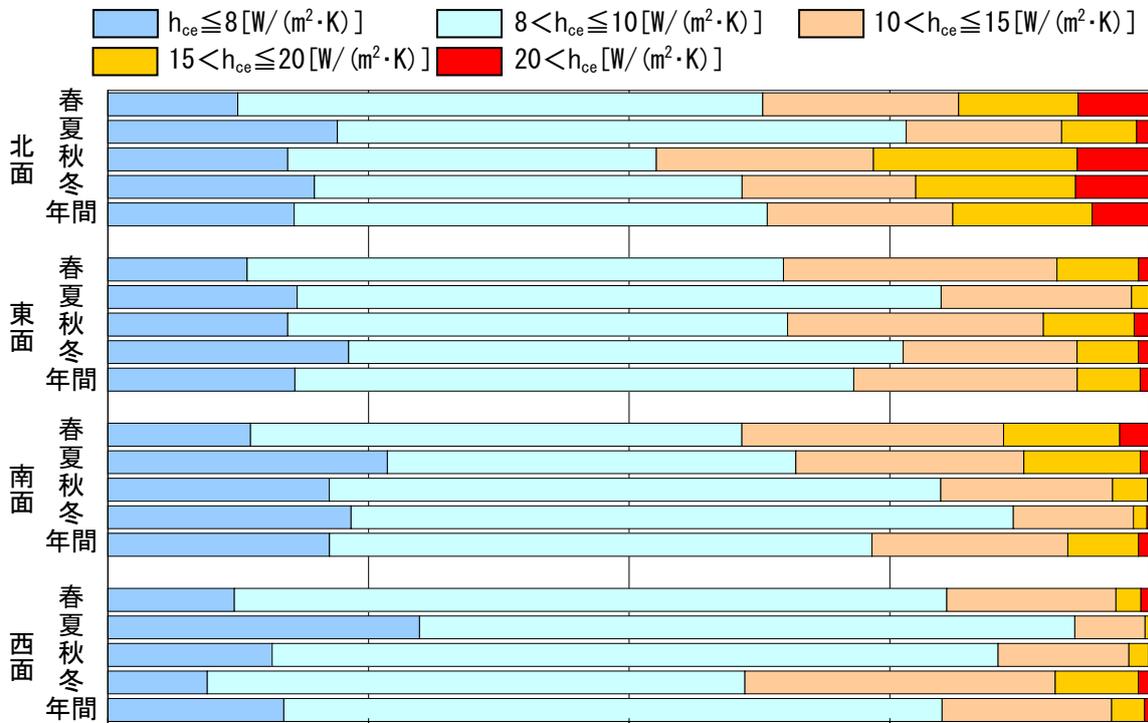


図 4.2.2.4-8 対流熱伝達率の頻度分布（銚子，高さ 10m）

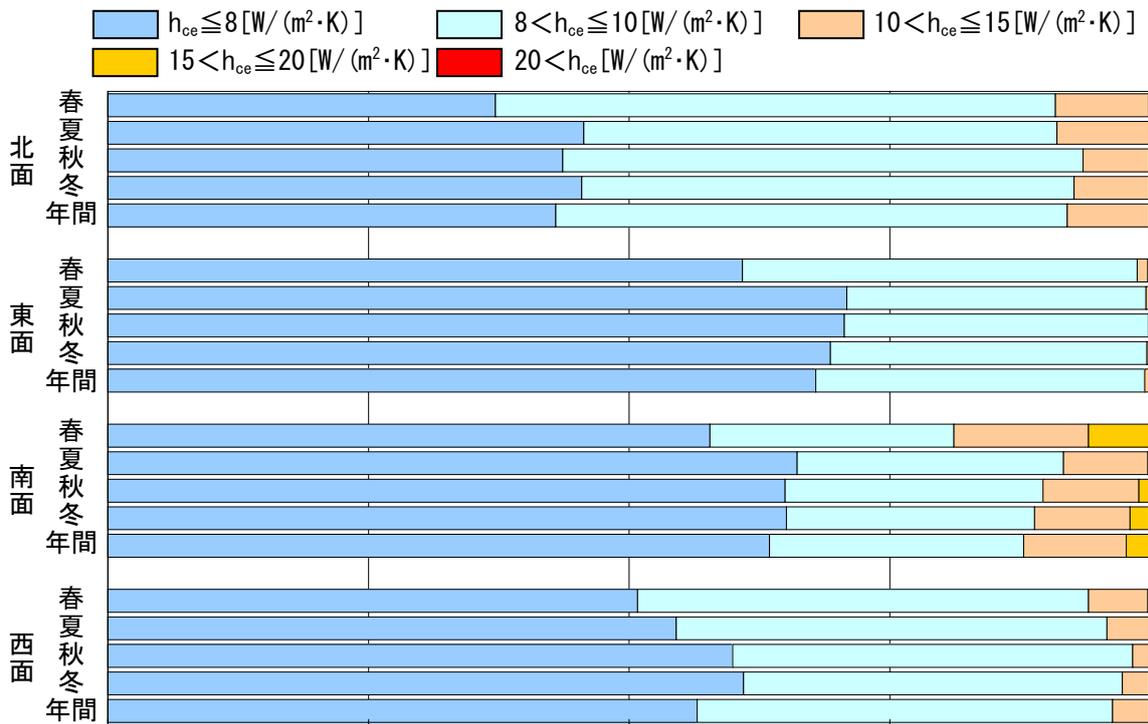


図 4.2.2.4-9 対流熱伝達率の頻度分布（松本，高さ 10m）

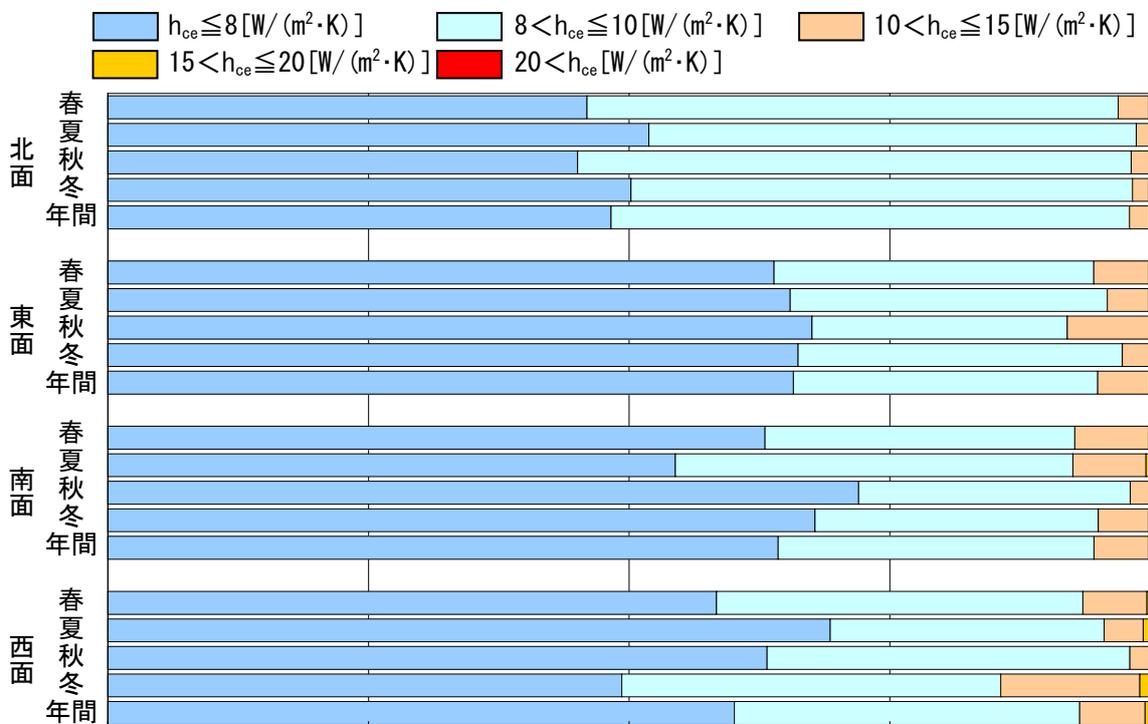


図 4.2.2.4-10 対流熱伝達率の頻度分布（静岡，高さ 10m）

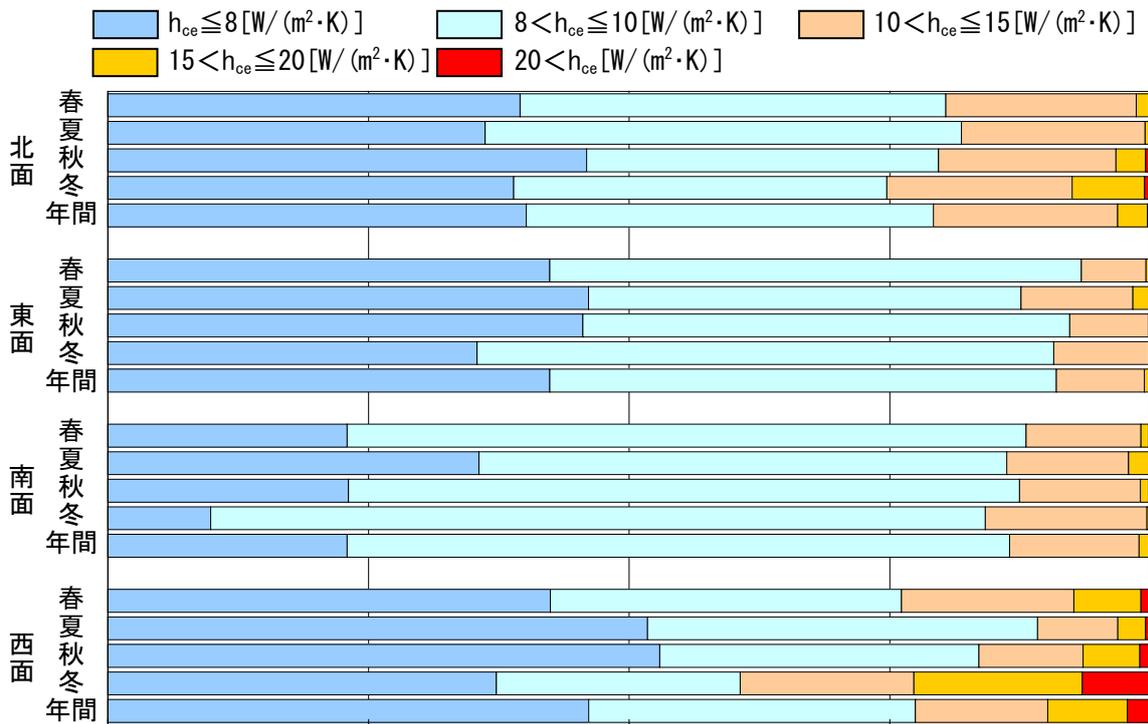


図 4.2.2.4-11 対流熱伝達率の頻度分布（新潟，高さ 10m）

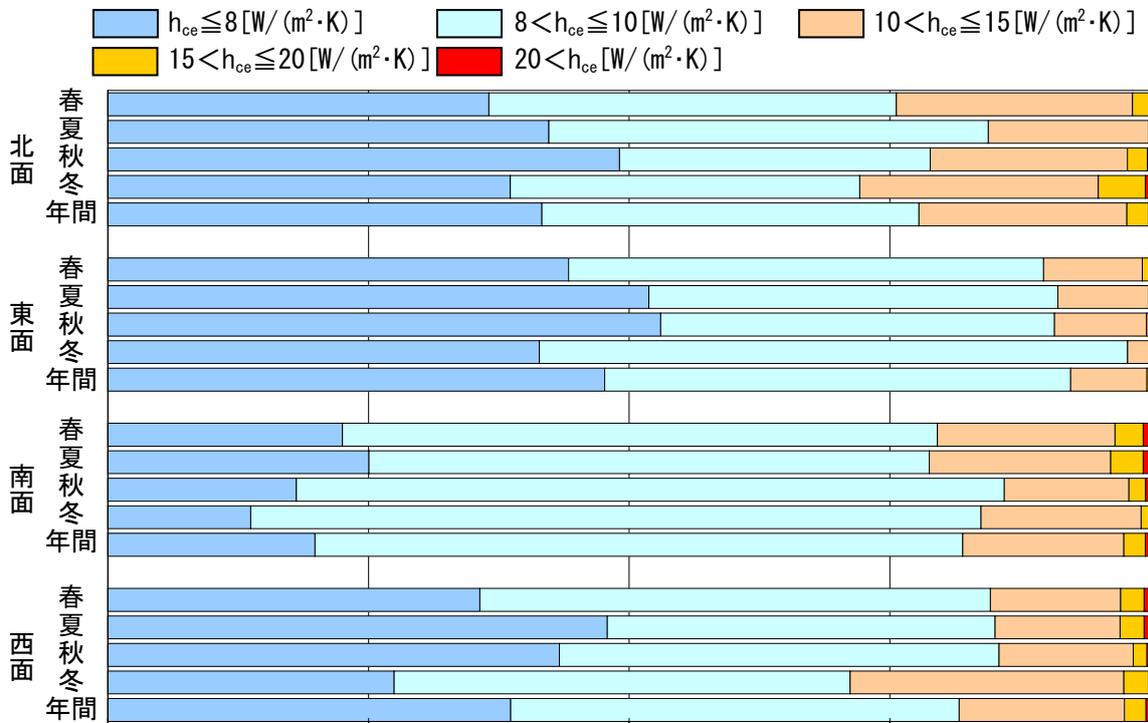


図 4.2.2.4-12 対流熱伝達率の頻度分布（輪島，高さ 10m）

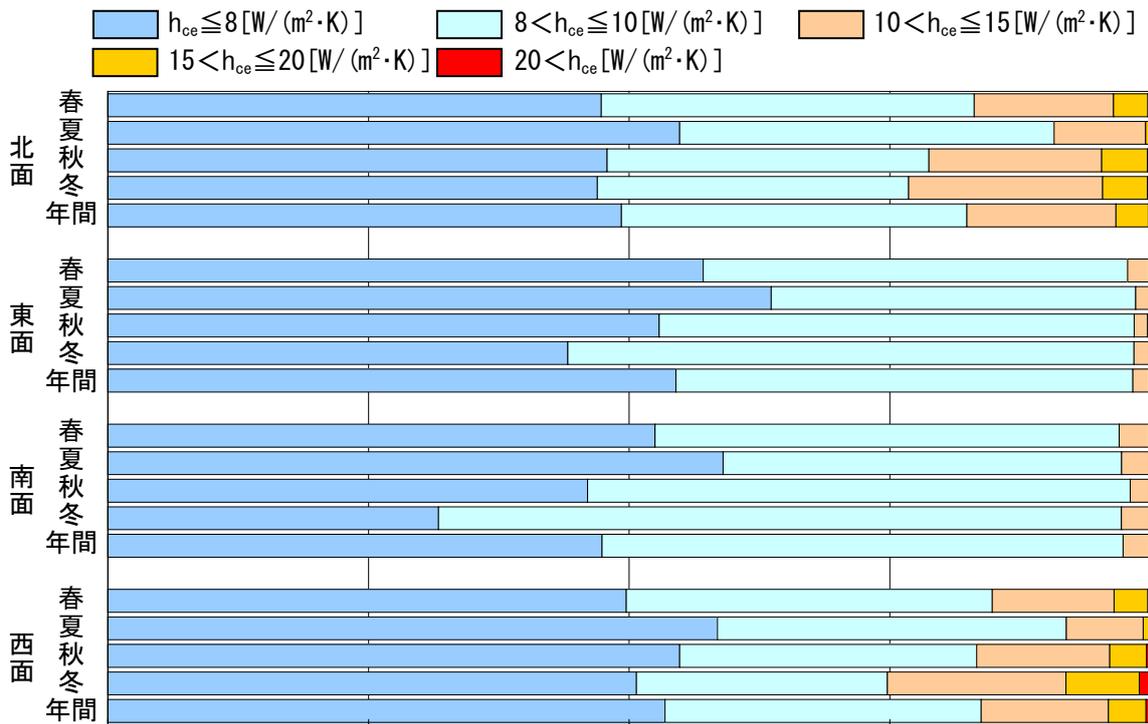


図 4.2.2.4-13 対流熱伝達率の頻度分布 (彦根, 高さ 10m)

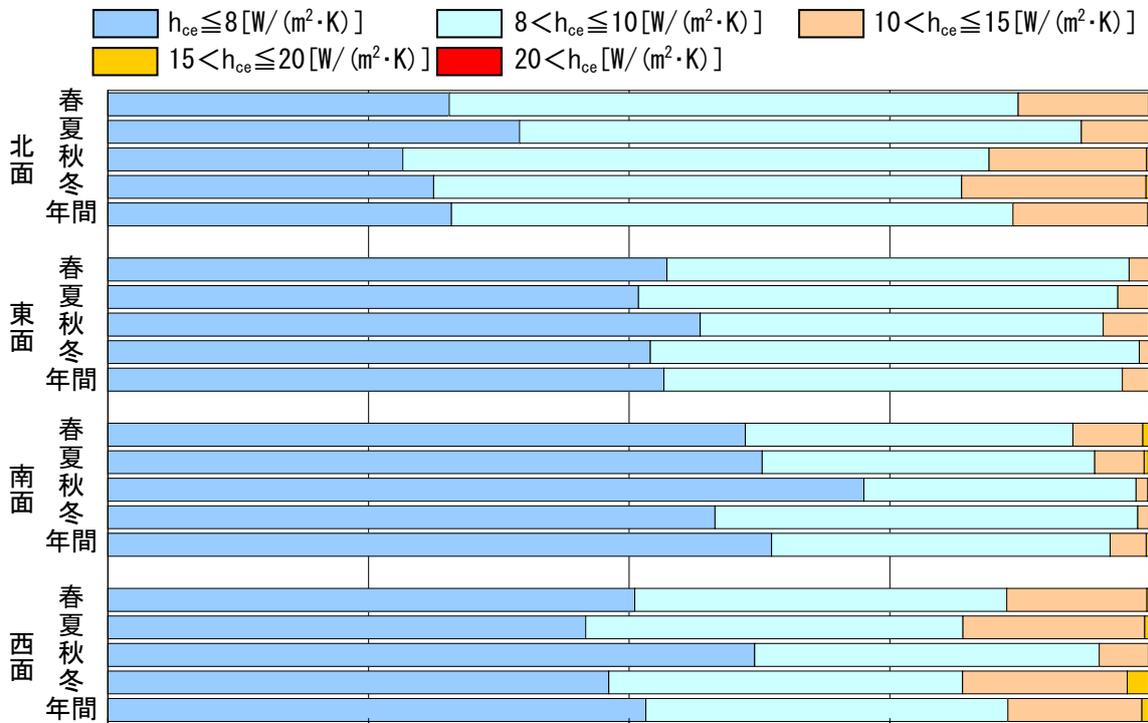


図 4.2.2.4-14 対流熱伝達率の頻度分布 (大阪, 高さ 10m)

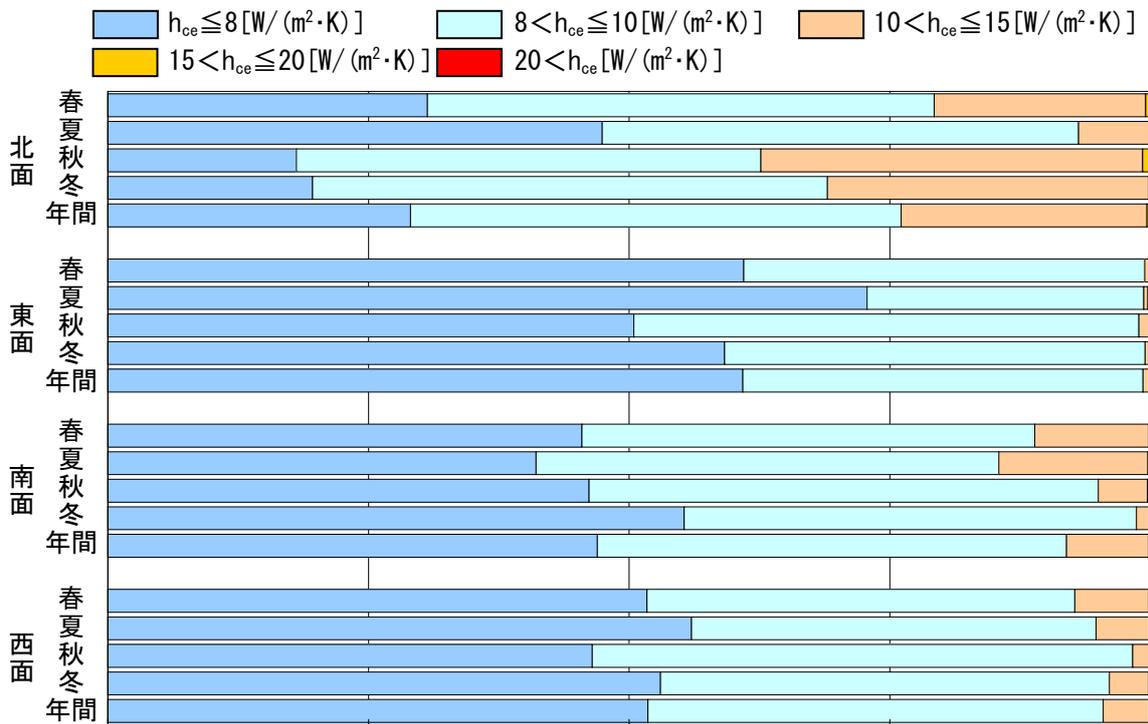


図 4.2.2.4-15 対流熱伝達率の頻度分布（広島，高さ10m）

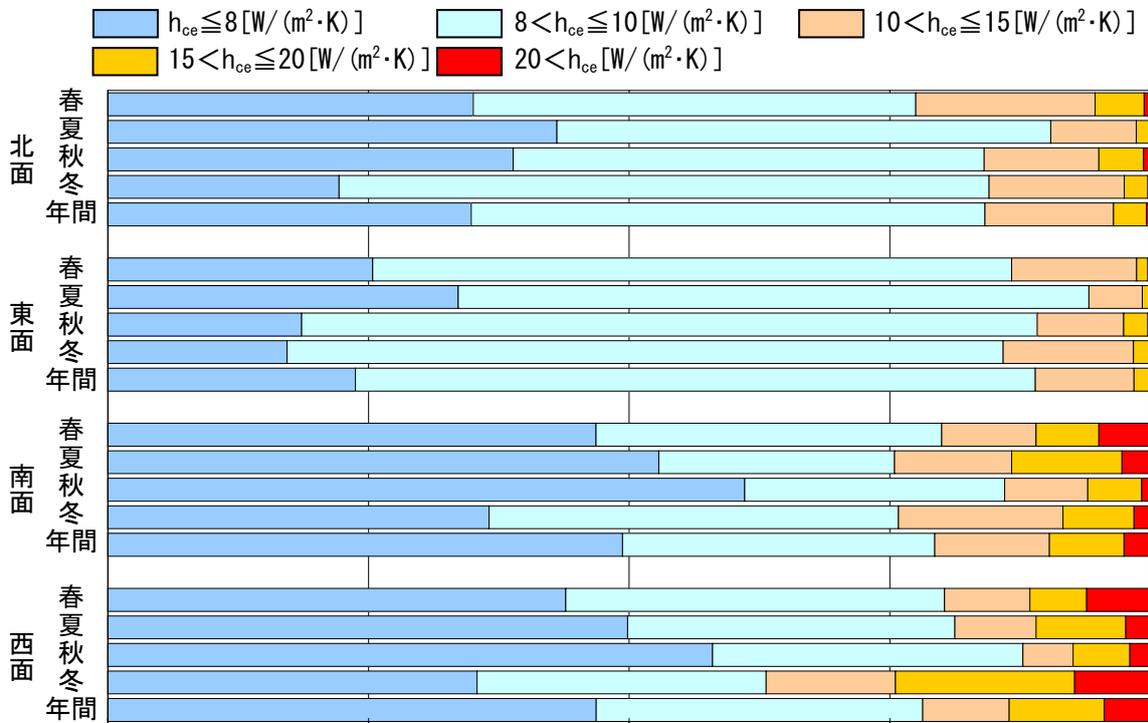


図 4.2.2.4-16 対流熱伝達率の頻度分布（浜田，高さ10m）

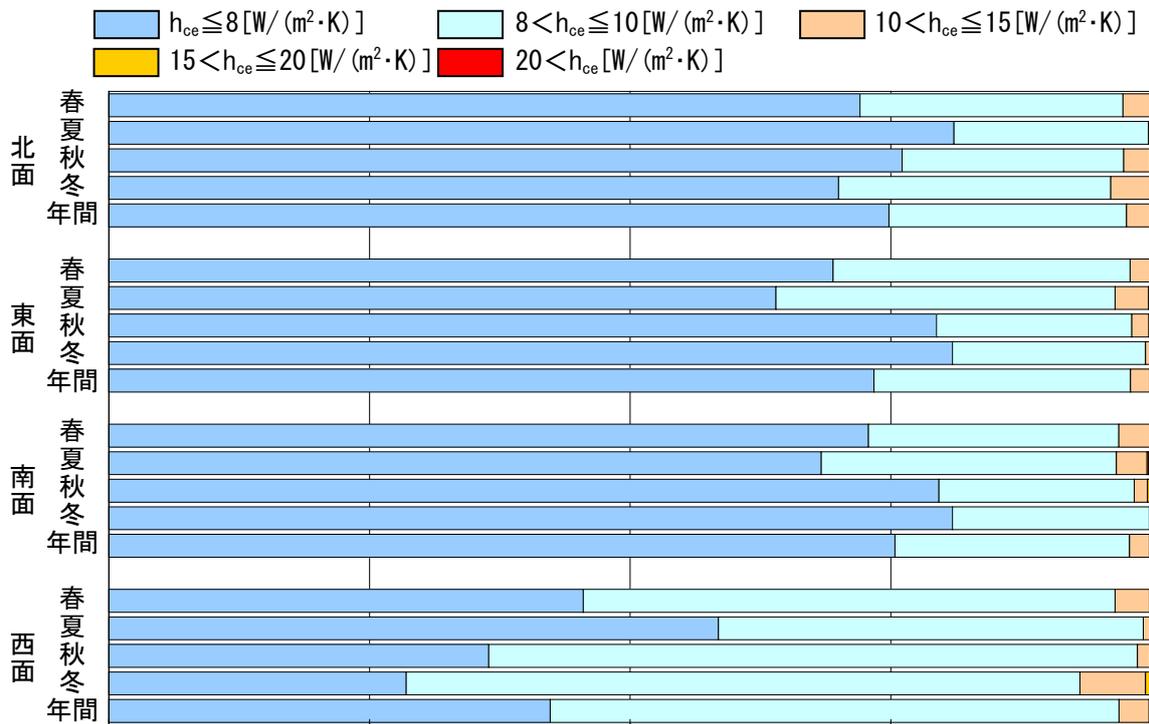


図 4.2.2.4-17 対流熱伝達率の頻度分布 (高知, 高さ 10m)

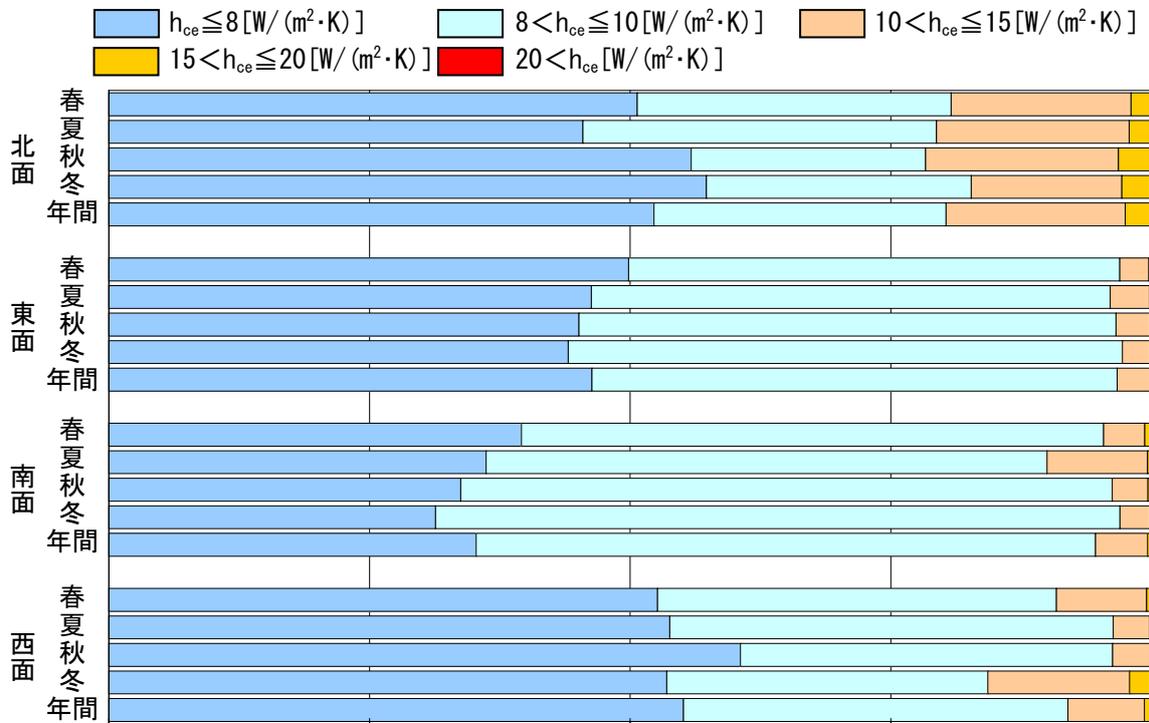


図 4.2.2.4-18 対流熱伝達率の頻度分布 (福岡, 高さ 10m)

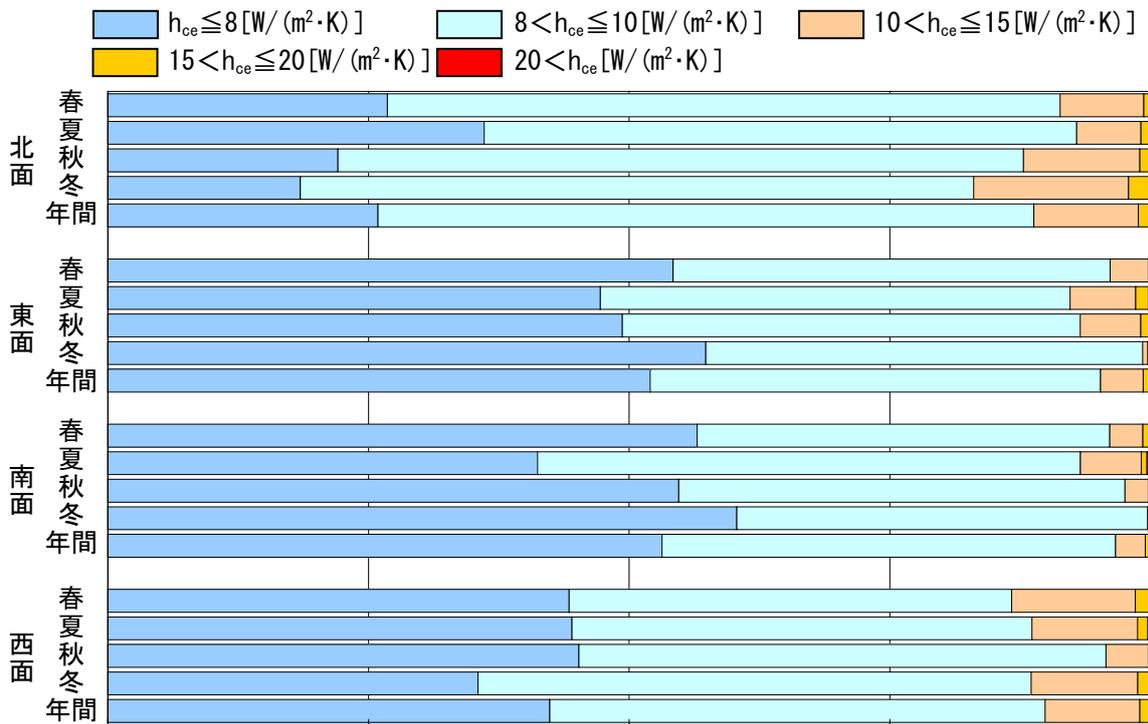


図 4.2.2.4-19 対流熱伝達率の頻度分布（鹿児島，高さ 10m）

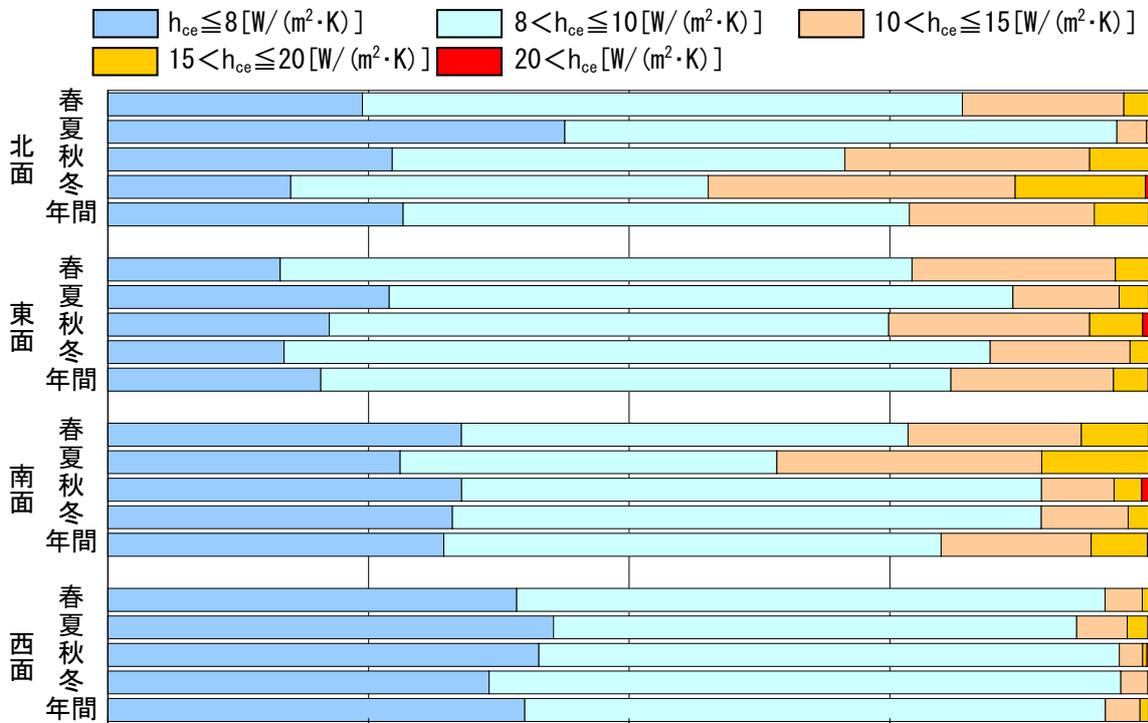


図 4.2.2.4-20 対流熱伝達率の頻度分布（那覇，高さ 10m）

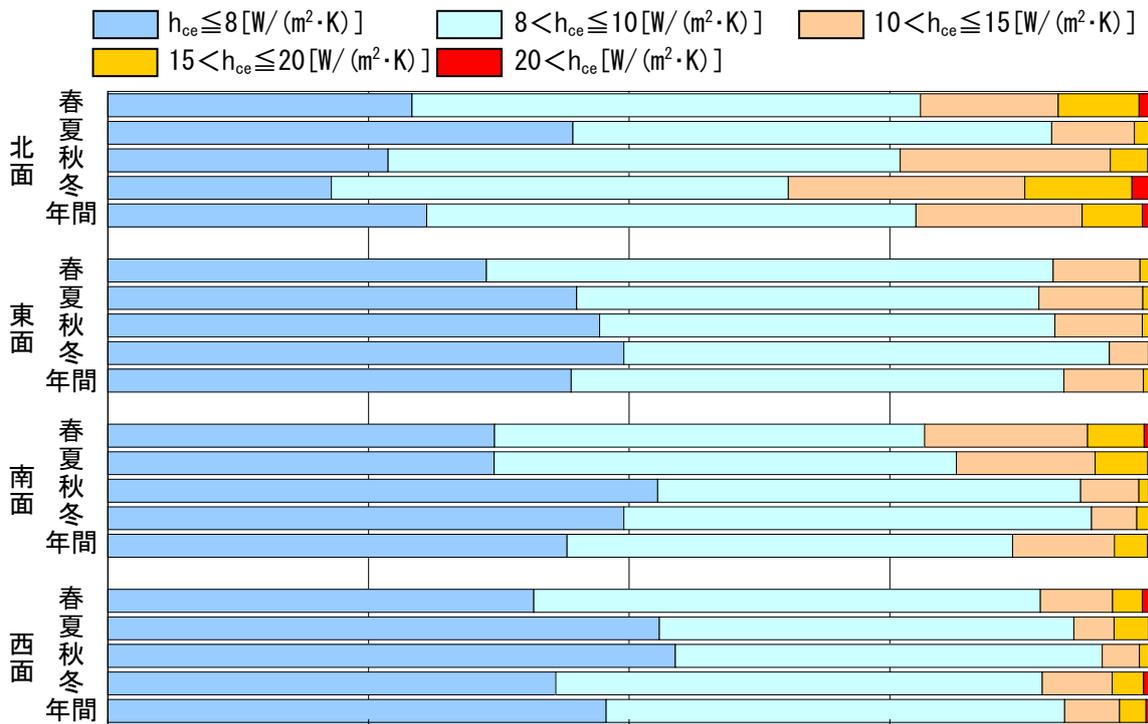


図 4.2.2.4-21 対流熱伝達率の頻度分布（東京，高さ 50m）

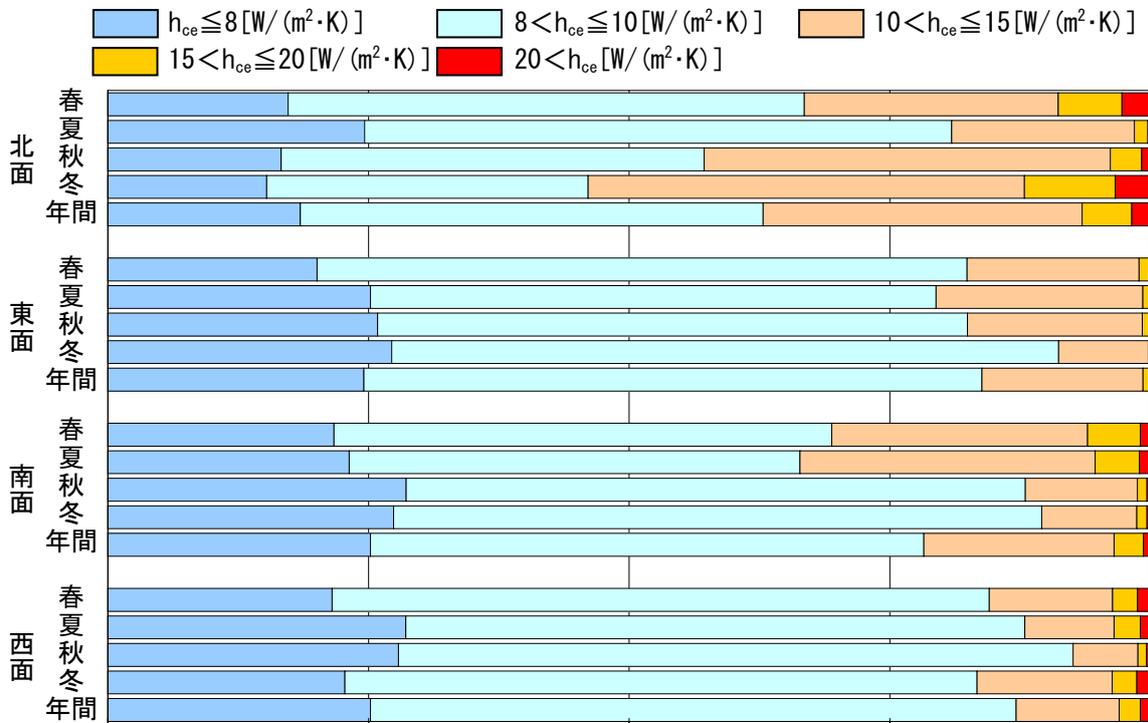


図 4.2.2.4-22 対流熱伝達率の頻度分布（東京，高さ 100m）

[5] 各種ガラスの熱貫流率の頻度分布

窓面の方位や地点・季節・高度の風向・風速によって室外側対流熱伝達率は大きく変動することを前述した。ここでは、東西南北の各方位に配置した垂直面に対し、前述の東京と銚子における風向・風速を与えた際に得られた室外側対流熱伝達率を用いて各種ガラスの熱貫流率の頻度分布を調査したのでその報告をする。

調査に用いたガラスは透明単板ガラス、普通複層ガラス、Low-E 複層ガラスで JIS R 3107⁷⁾に基づく熱貫流率はそれぞれ $5.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、 $2.9\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、 $1.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ である。

図 4.2.2.5-1～図 4.2.2.5-12 に東京（地上 10m, 50m, 100m）と銚子（地上 10m）における各種ガラスの熱貫流率を示す。これは、図 4.2.2.3-1 と同様に JIS R 3107⁷⁾によるガラスの熱貫流率算定方法のうち室外側対流熱伝達率に相当する $16.3\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ を変動値として熱貫流率を算定したものである。図より、JIS R 3107⁷⁾に基づく熱貫流率が大きい透明単板ガラスの熱貫流率は $4.7\sim 7.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ と変動幅が非常に大きく、普通複層ガラスでは $2.6\sim 3.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、Low-E 複層ガラスでは $1.5\sim 1.7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ と変動幅は小さいことがわかる。また、東京・銚子ともに卓越風向となる北面に面する窓において熱貫流率が大きいことがわかる。また、高度の上昇に伴い熱貫流率が大きくなることや、東京よりも平均的に風速が強い銚子では熱貫流率は大きくなることも確認された。

したがって、窓の熱貫流率はその配置や外界気象条件によって大きく変動するため、熱負荷計算におけるその影響についても検討する必要があると考えられる。

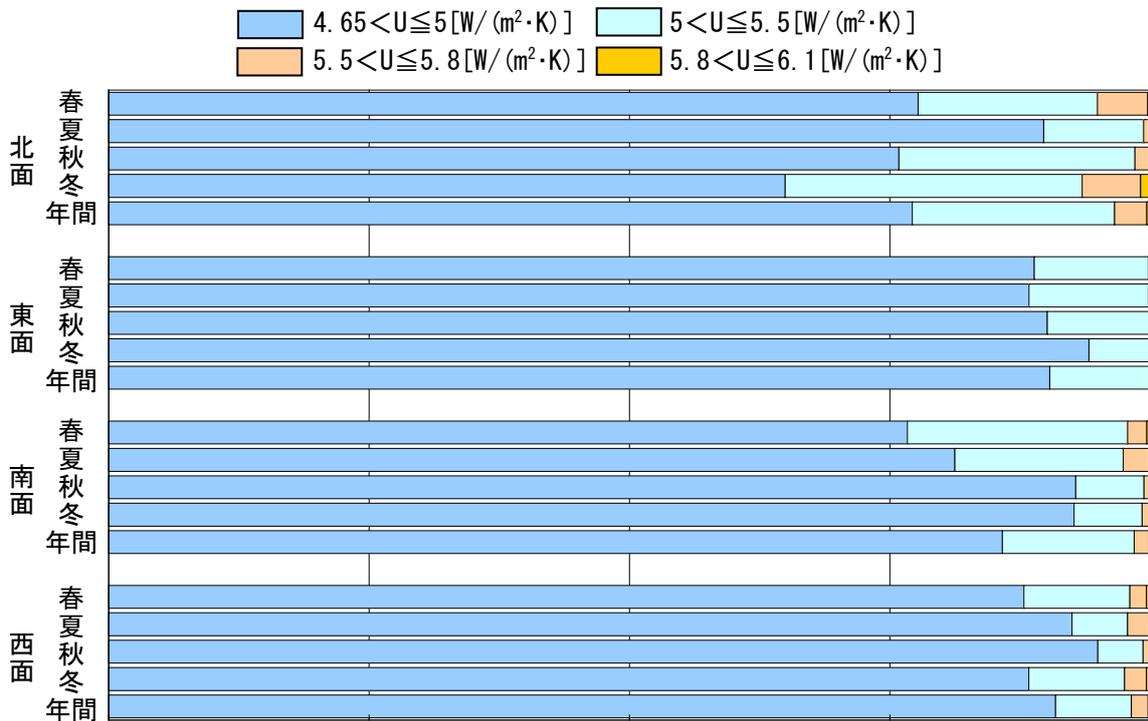


図 4. 2. 2. 5-1 透明単板ガラスの熱貫流率の頻度分布（東京，高さ 10m）

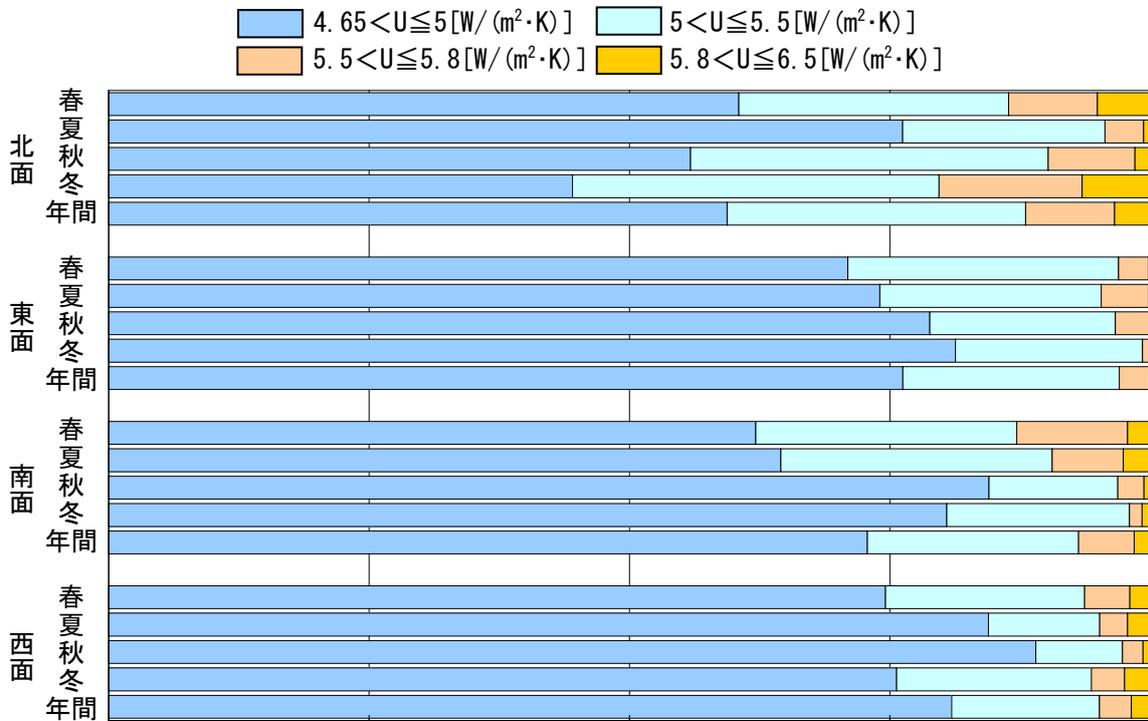


図 4. 2. 2. 5-2 透明単板ガラスの熱貫流率の頻度分布（東京，高さ 50m）

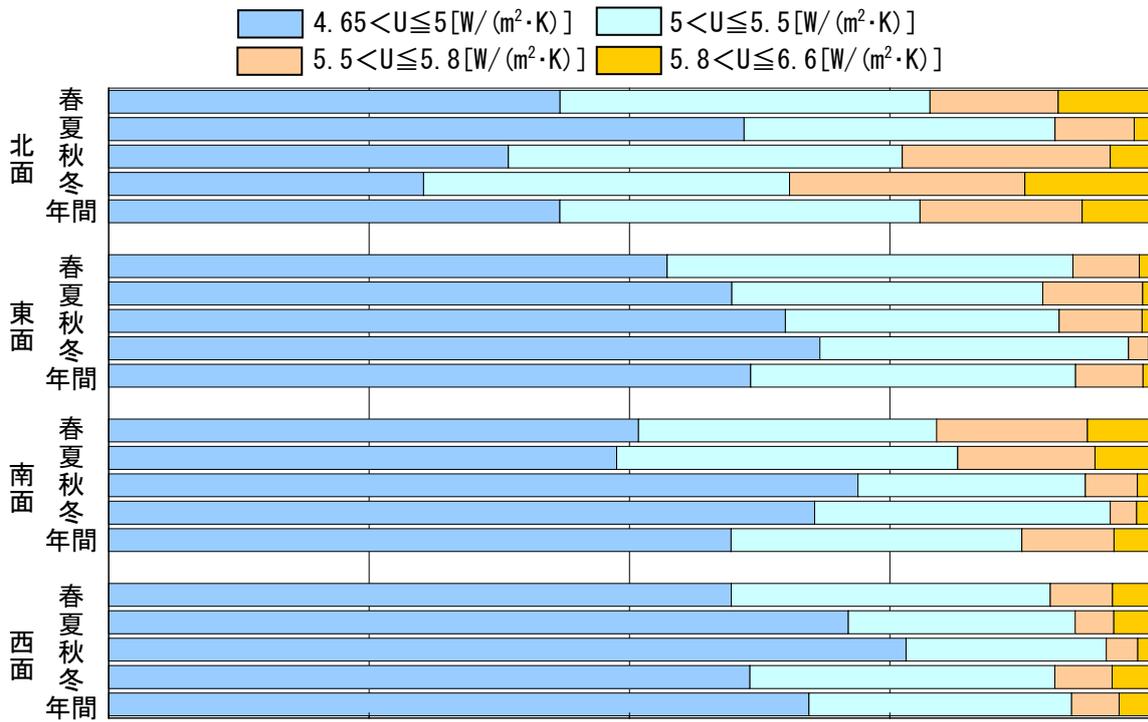


図 4.2.2.5-3 透明単板ガラスの熱貫流率の頻度分布（東京，高さ100m）

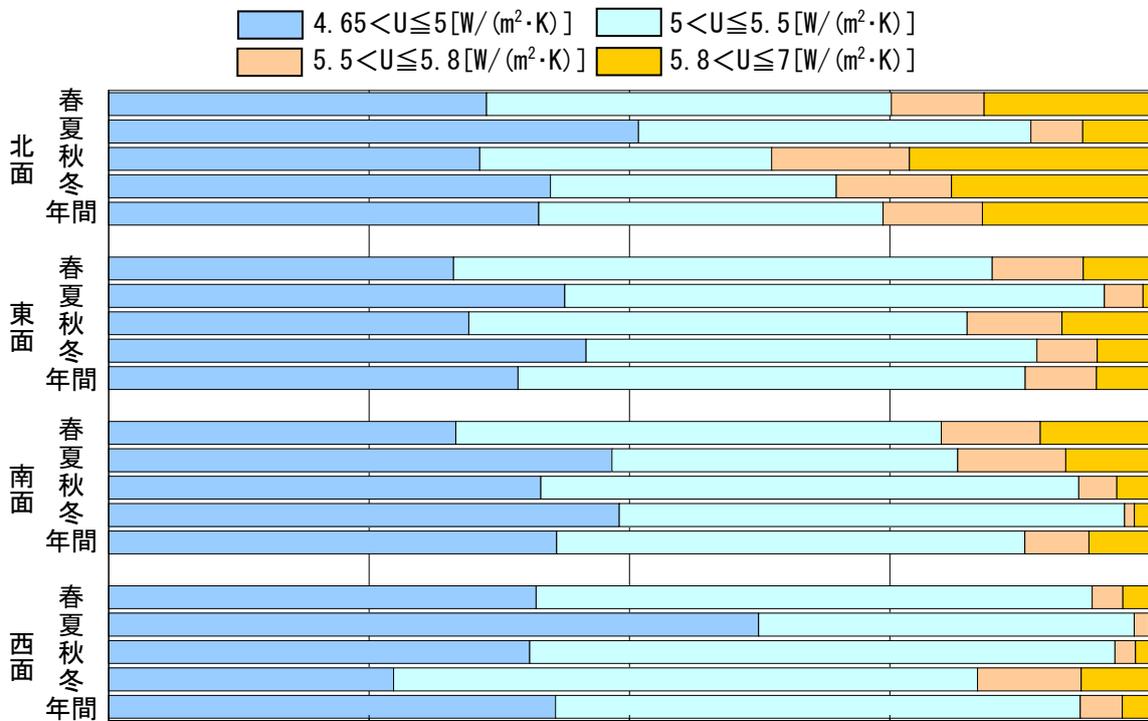


図 4.2.2.5-4 透明単板ガラスの熱貫流率の頻度分布（鉾子，高さ10m）

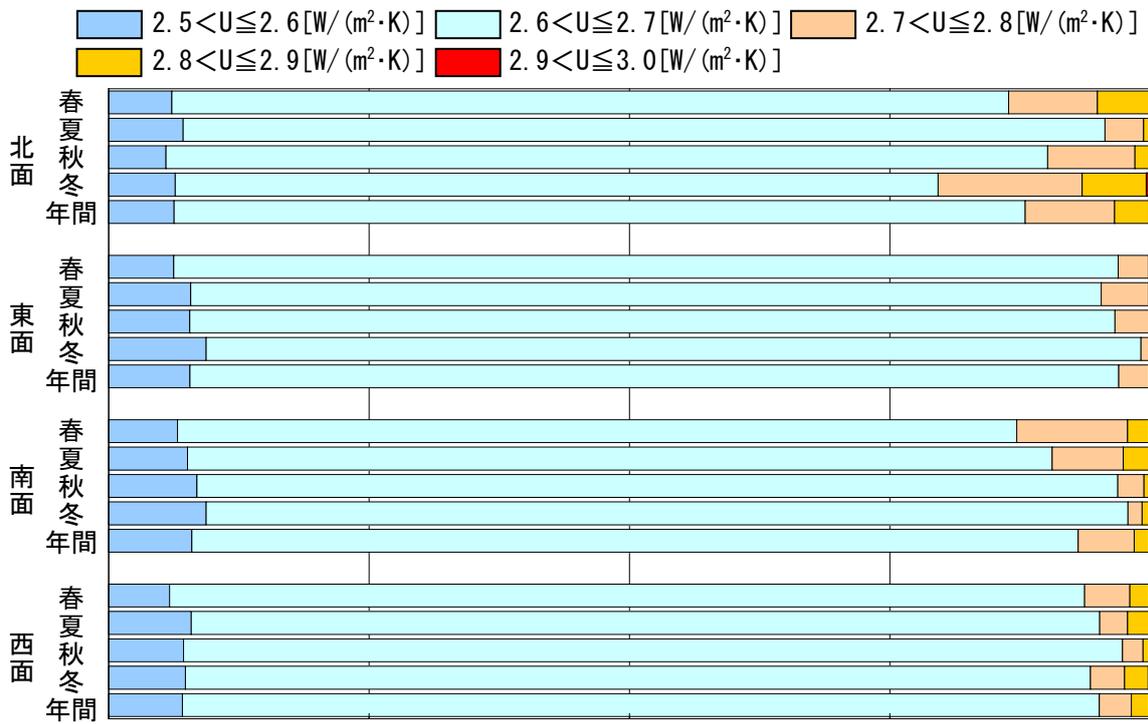


図 4.2.2.5-5 普通複層ガラスの熱貫流率の頻度分布（東京，高さ 10m）

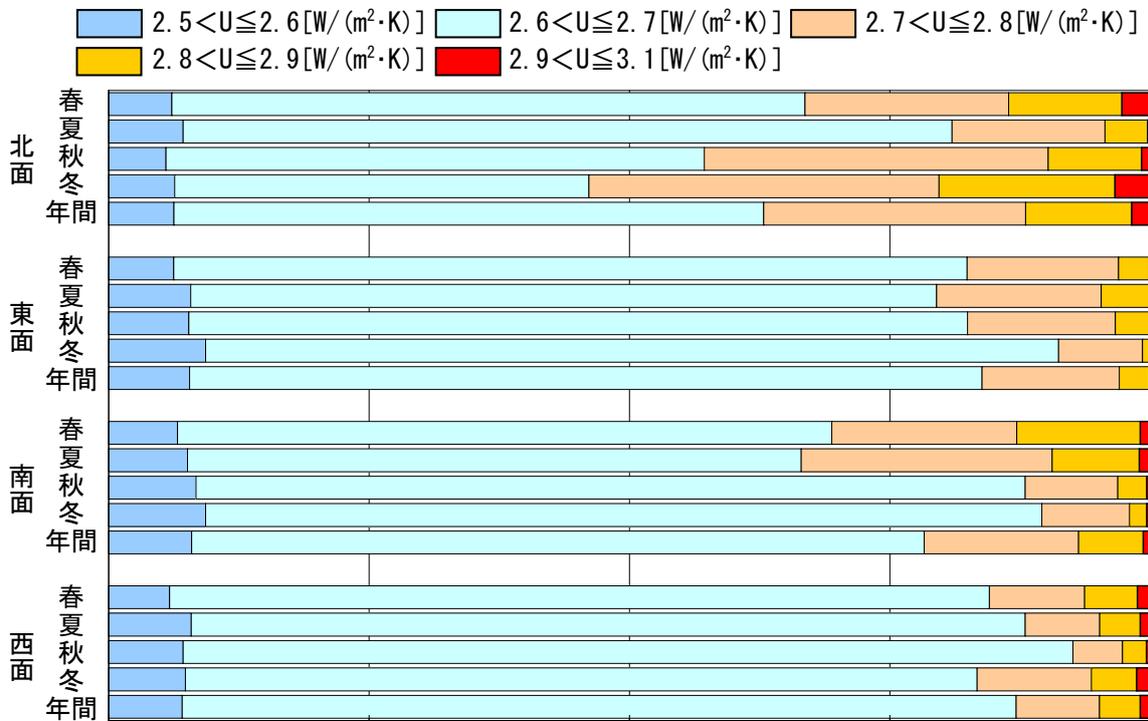


図 4.2.2.5-6 普通複層ガラスの熱貫流率の頻度分布（東京，高さ 50m）

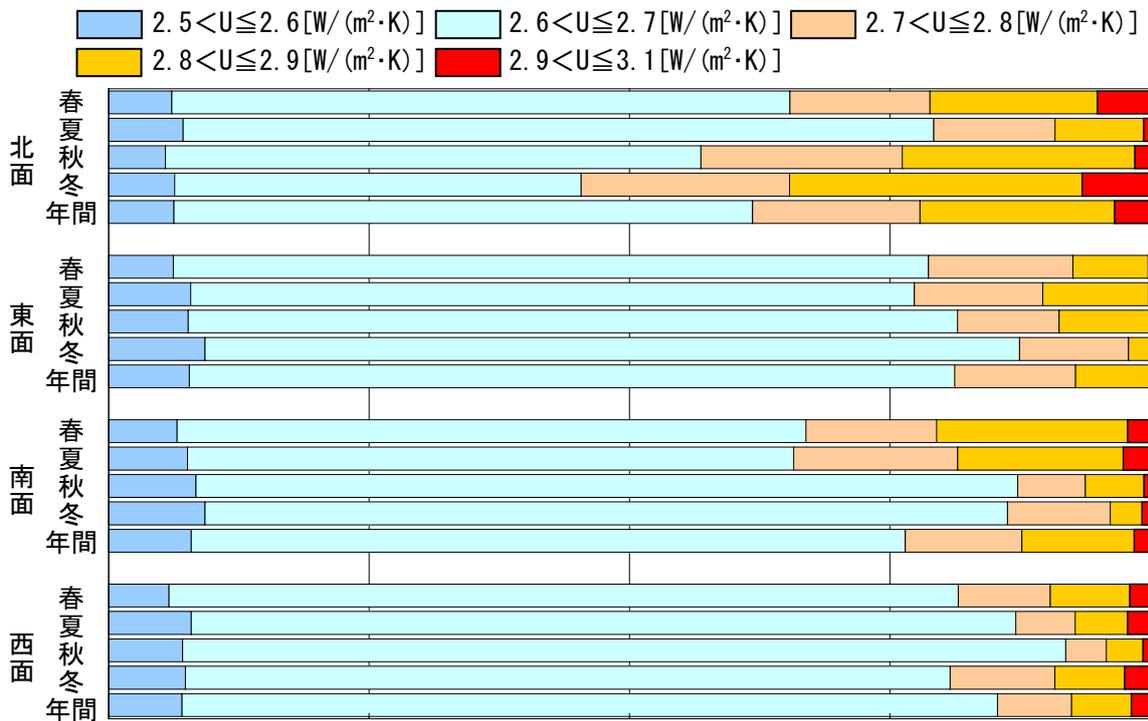


図 4.2.2.5-7 普通複層ガラスの熱貫流率の頻度分布 (東京, 高さ 100m)

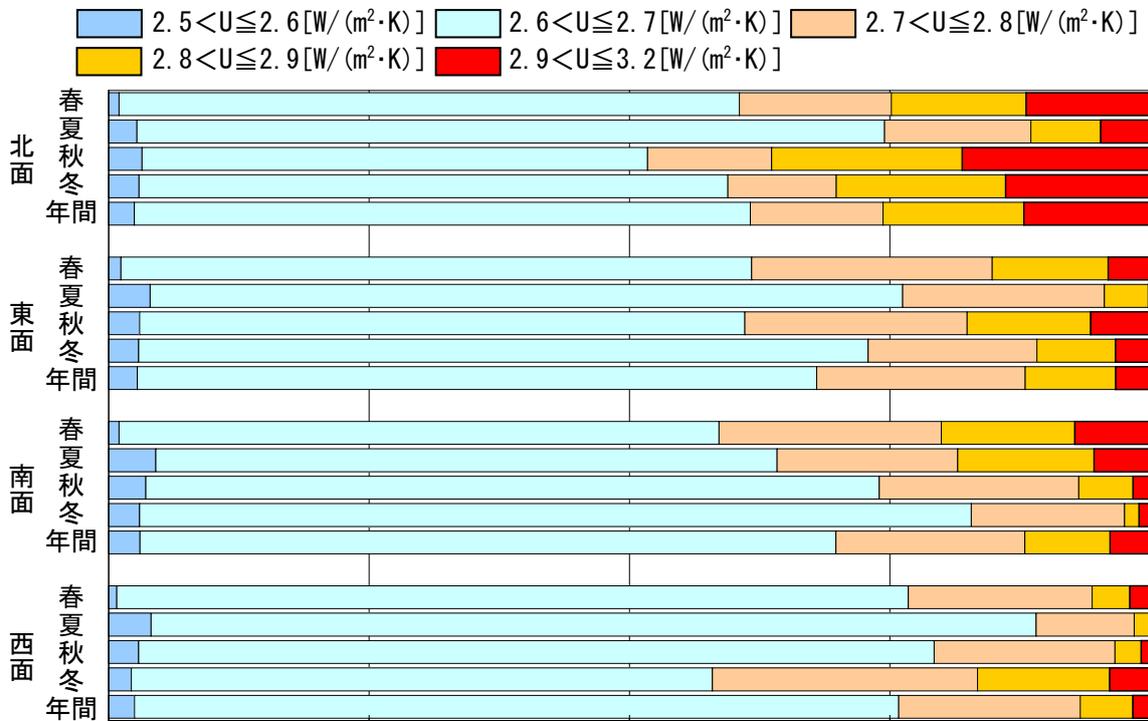


図 4.2.2.5-8 普通複層ガラスの熱貫流率の頻度分布 (鉾子, 高さ 10m)

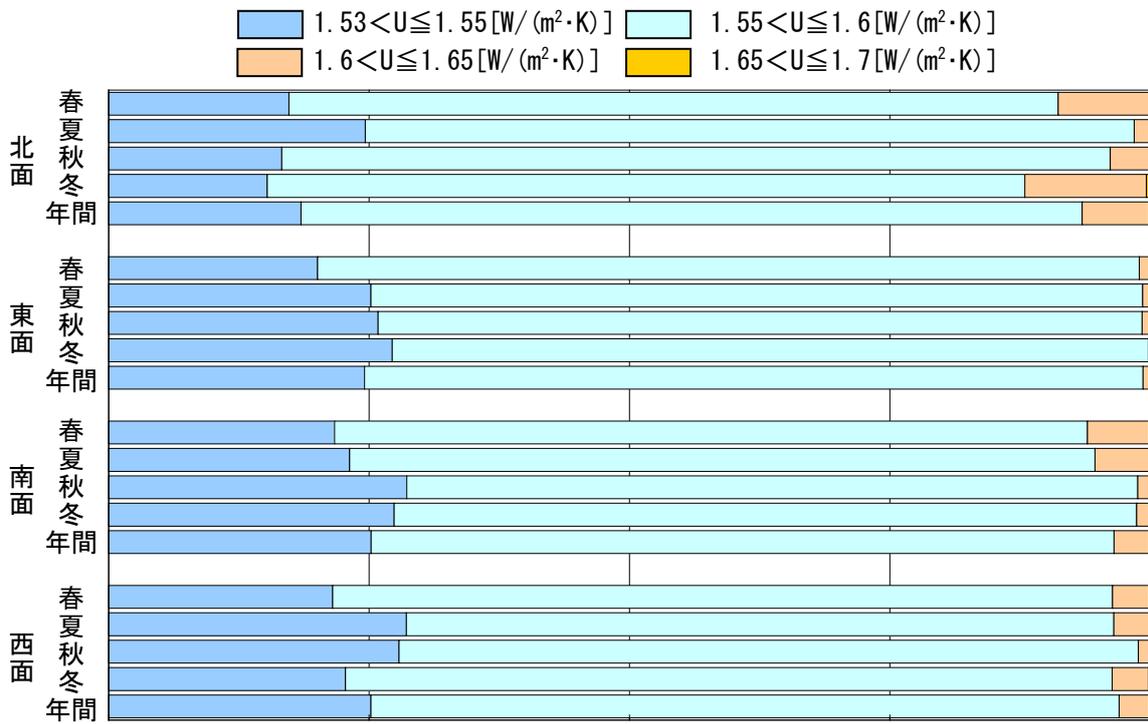


図 4.2.2.5-9 Low-E 複層ガラスの熱貫流率の頻度分布 (東京, 高さ 10m)

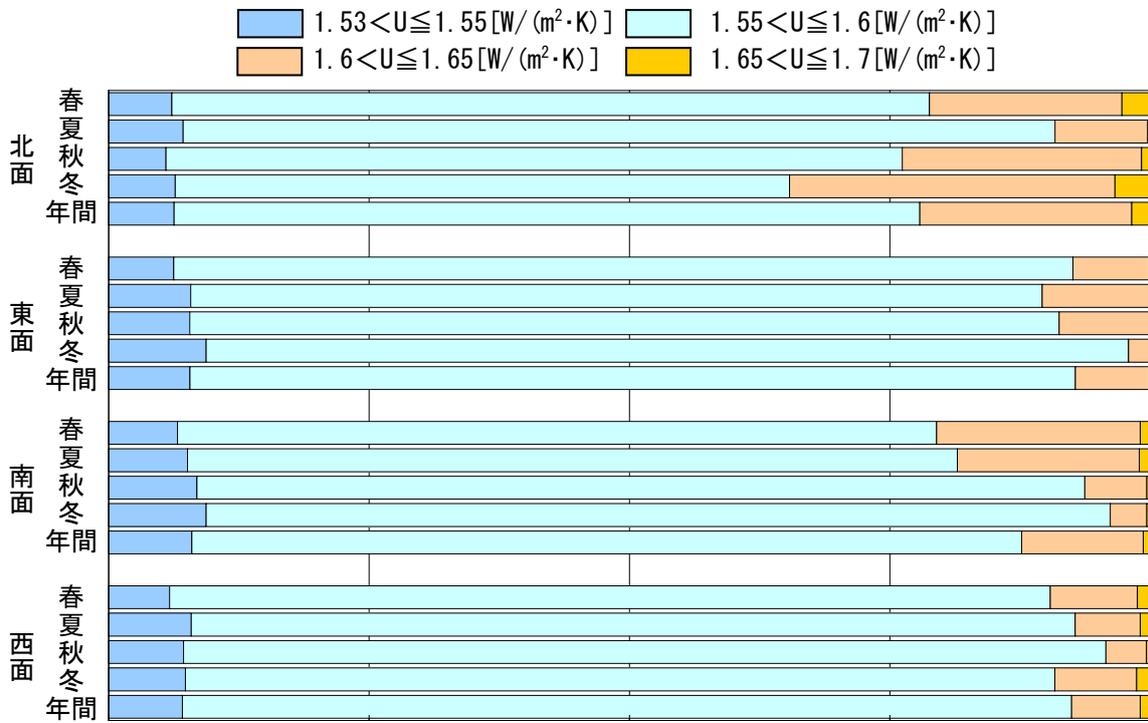


図 4.2.2.5-10 Low-E 複層ガラスの熱貫流率の頻度分布 (東京, 高さ 50m)

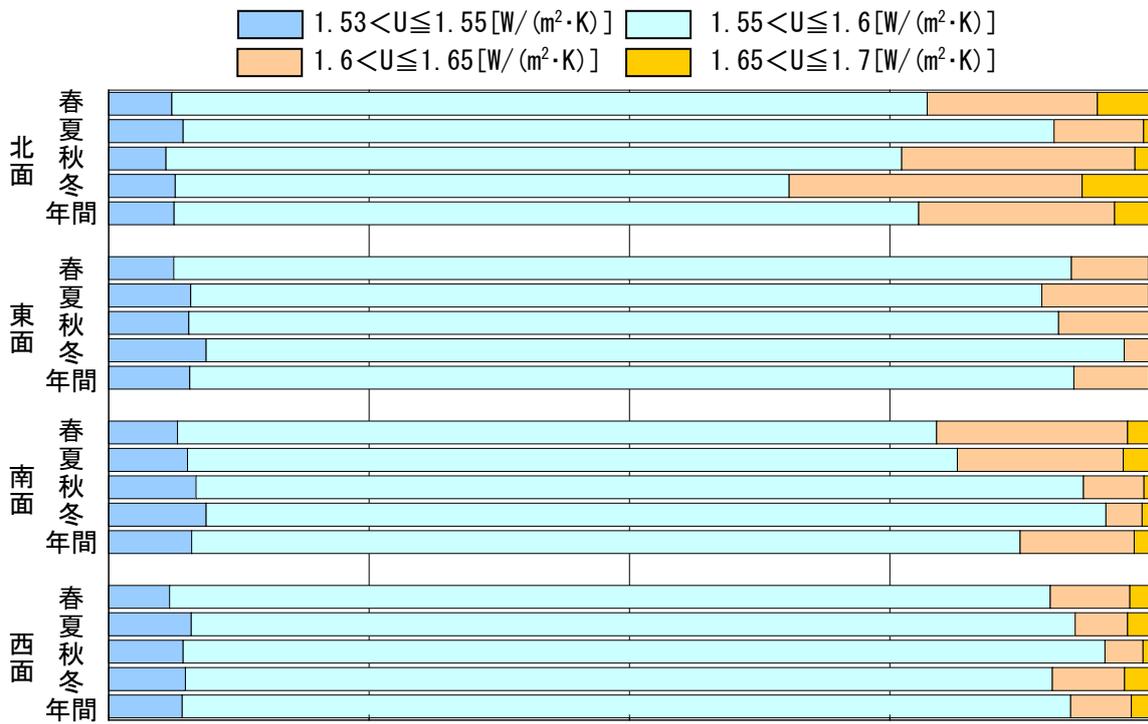


図 4.2.2.5-11 Low-E 複層ガラスの熱貫流率の頻度分布 (東京, 高さ 100m)

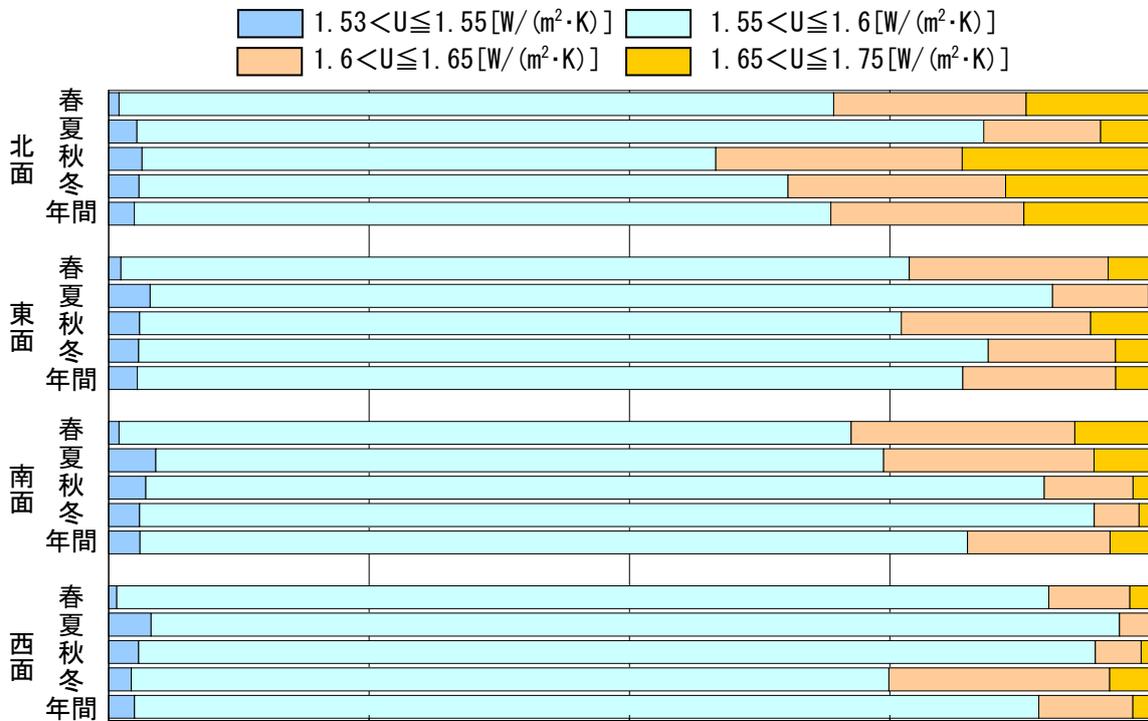


図 4.2.2.5-12 Low-E 複層ガラスの熱貫流率の頻度分布 (銚子, 高さ 10m)

4.3 窓のサイズ違いによる断熱性能の評価

住宅外皮の断熱性能を算出する際、現行の省エネルギー基準³⁾では窓の熱貫流率は『JIS A 4710⁹⁾に定める標準試験体サイズに準ずる寸法での値』とされている。しかしながら、実際の窓では開口毎にサイズが異なる。そのため、窓の熱貫流率に実際との差異が生じ、住宅外皮の断熱性能に影響を及ぼすことが懸念される。本節では、窓種別・サイズ別の熱貫流率について調査した。また、自立循環型住宅開発プロジェクト標準プラン¹⁰⁾を用いこの差異が住宅外皮の断熱性能に及ぼす影響度を調査したのでその報告をする。

4.3.1 サイズ別の窓の熱貫流率

図 4.3.1-1～図 4.3.1-6 に窓面積やフレーム面積比と窓種別・材質別の窓の熱貫流率との相関を示す。図に使用した窓の熱貫流率は、窓の熱性能評価プログラム「WindEye」の「窓の断熱性能表示制度」対応版¹¹⁾によって算出した。窓サイズは、住宅サッシ「標準規格寸法」¹²⁾に基づいて算出した。表 4.3.1-1 に窓種別の標準試験体サイズを示す。

表 4.3.1-1 窓種別の標準試験体サイズ (mm)

マド/テラス	サイズ	引き違い窓	FIX 窓	たてすべり出し窓
マド	W	1690	1235	640
	H	1370	1370	1370
テラス	W	1690	—	—
	H	2030	—	—

図 4.3.1-1 より引き違い窓(樹脂フレーム+断熱 Low-E 複層ガラス)の熱貫流率は、マドの標準試験体サイズにおいて $1.85\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ であるのに対して窓サイズの変化によって $1.81 \sim 2.25\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、テラスの標準試験体サイズにおいて $1.99\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ であるのに対して窓サイズの変化によって $1.86 \sim 2.04\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ と反比例の関係で変動することが確認された。また、フレーム面積比に対しては比例の関係で変動することが確認された。同様に、図 4.3.1-2 より引き違い窓(アルミフレーム+普通複層ガラス)の熱貫流率は、マドの標準試験体サイズにおいて $3.87\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ であるのに対して窓サイズの変化によって $3.71 \sim 5.78\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、テラスの標準試験体サイズにおいて $3.86\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ であるのに対して窓サイズの変化によって $3.56 \sim 4.08\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ と反比例の関係で変動することが確認された。FIX 窓(図 4.3.1-3, 図 4.3.1-4)、たてすべり出し窓(図 4.3.1-5, 図 4.3.1-6)についても同様の傾向が見てとれるが、FIX 窓は引き違い窓に比べてフレーム面積比が小さくその変動幅も小さいこと(FIX 窓： $0.080 \sim 0.481$ 、引き違い窓： $0.134 \sim 0.671$)、たてすべり出し窓は引き違い窓に比べて窓面積が小さいこと[たてすべり出し窓： $0.27 \sim 0.88(\text{m}^2)$ 、引き違い窓： $0.24 \sim 6.36(\text{m}^2)$]から熱貫流率の変動幅が小さくなること[FIX 窓(樹脂)： $1.58 \sim 1.92\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、FIX 窓(アルミ)： $2.89 \sim 4.01\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、たてすべり出し窓(樹脂)： $1.73 \sim 1.91\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、たてすべり出し窓(アルミ)： $4.04 \sim 5.24\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]が確認された。

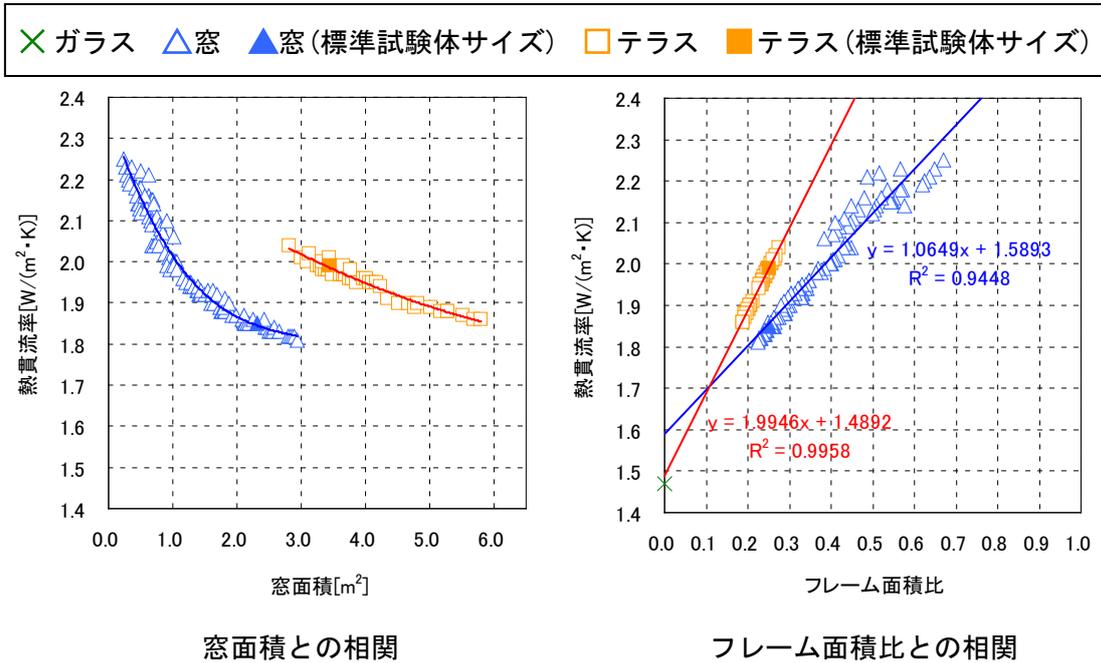


図 4.3.1-1 引き違い窓の熱貫流率
 [樹脂フレーム+断熱 Low-E 複層ガラス (3+A16+E3)]

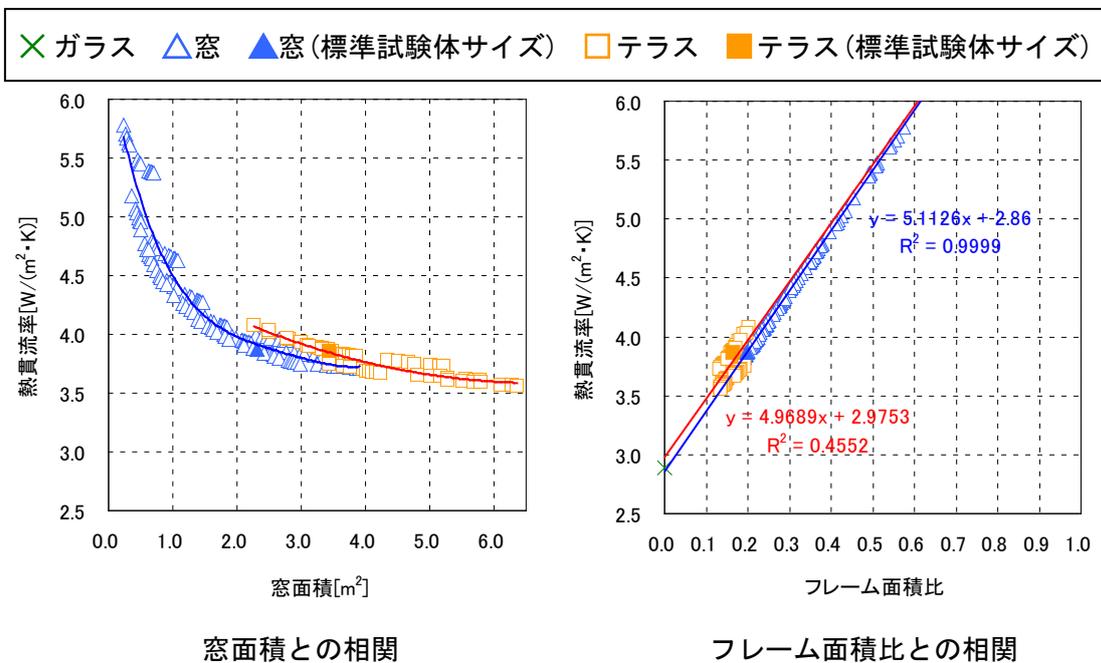


図 4.3.1-2 引き違い窓の熱貫流率
 [アルミフレーム+普通複層ガラス (3+A12+3)]

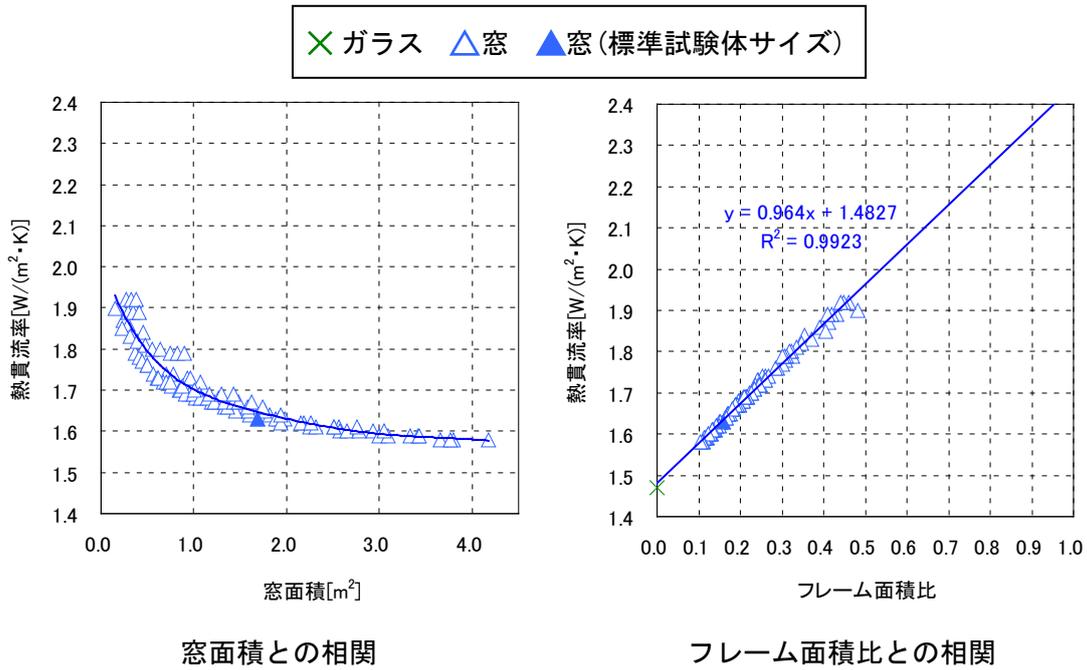


図 4.3.1-3 FIX 窓の熱貫流率
[樹脂フレーム+断熱 Low-E 複層ガラス (3+A16+E3)]

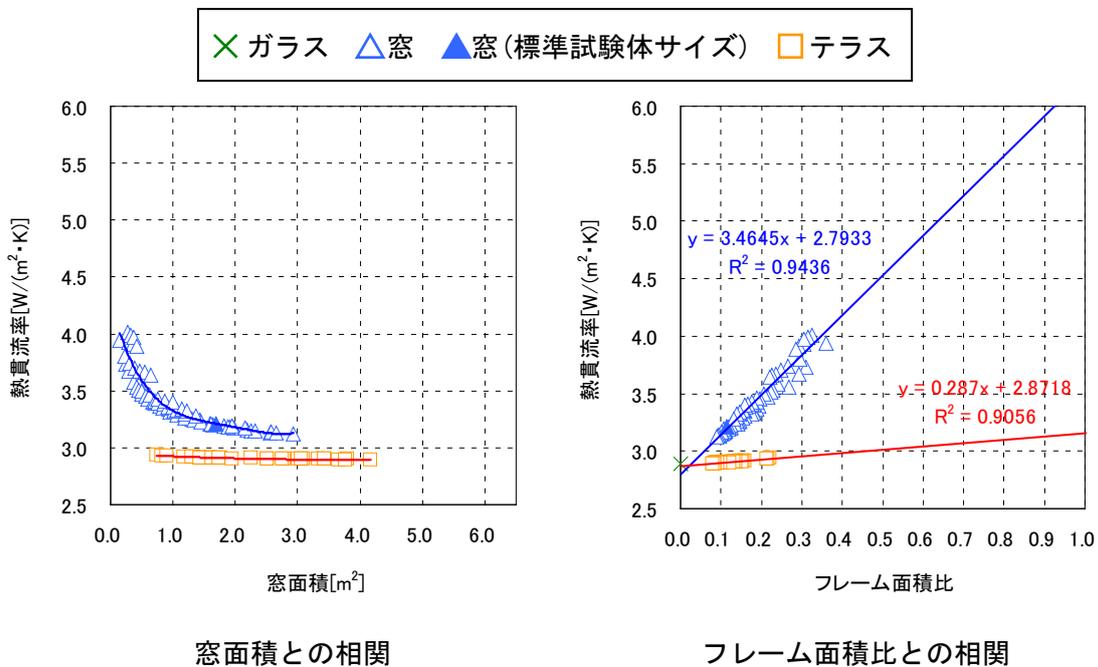


図 4.3.1-4 FIX 窓の熱貫流率
[アルミフレーム+普通複層ガラス (3+A12+3)]

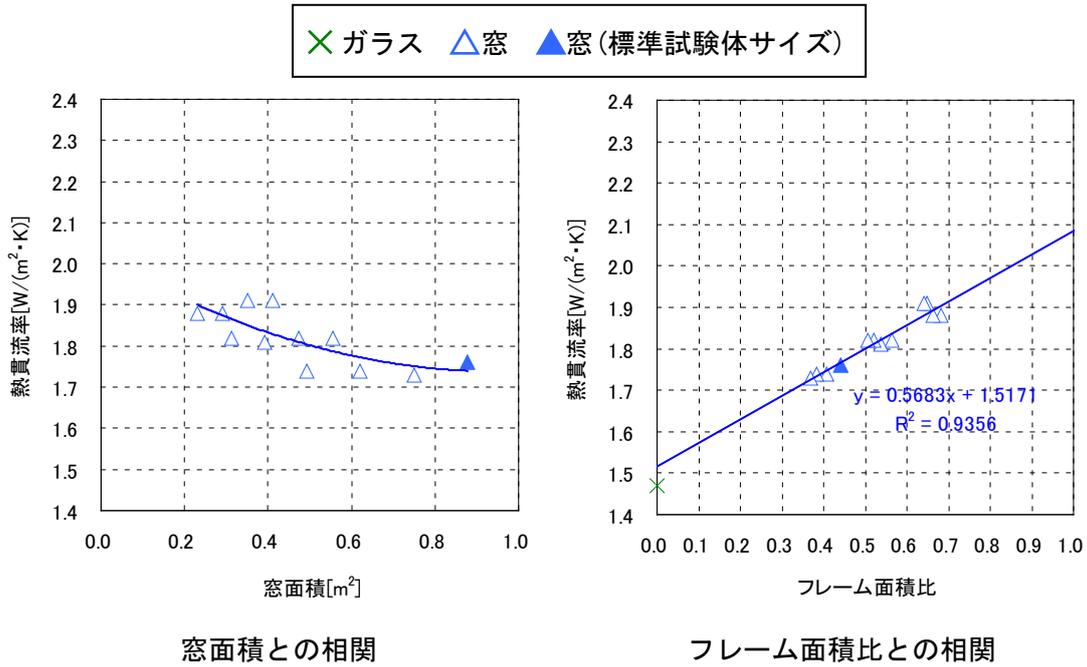


図 4.3.1-5 たてすべり出し窓の熱貫流率
 [樹脂フレーム+断熱 Low-E 複層ガラス (3+A16+E3)]

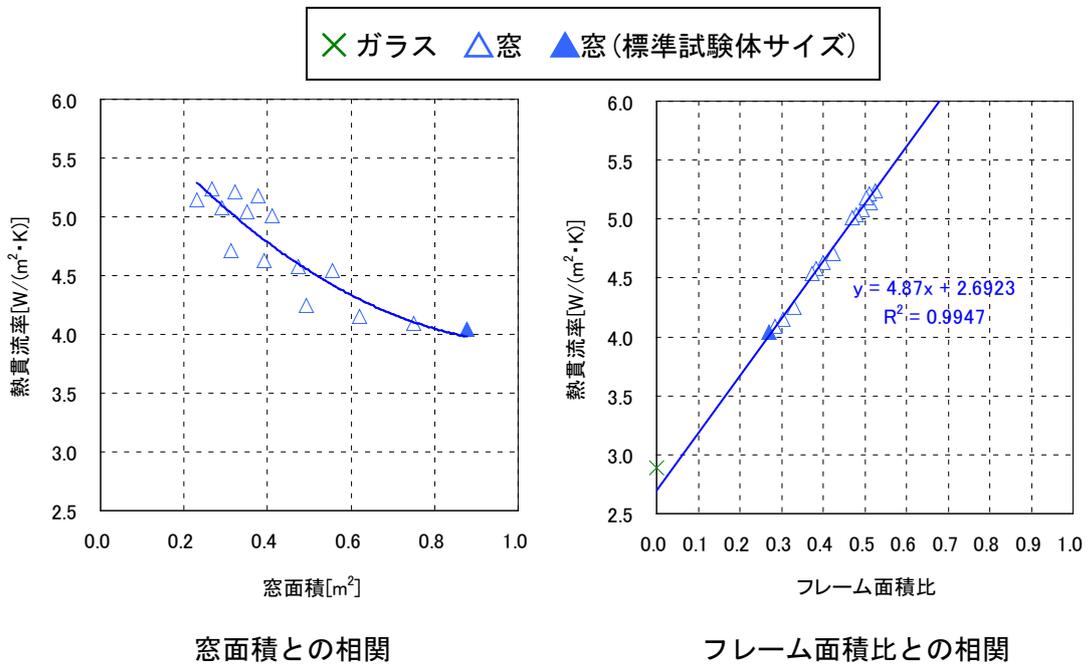


図 4.3.1-6 たてすべり出し窓の熱貫流率
 [アルミフレーム+普通複層ガラス (3+A12+3)]

4.3.2 窓の熱貫流率の違いによる建物全体の熱負荷への影響

窓の熱貫流率は、サイズ別に異なることを前述した。ここでは、自立循環型住宅開発プロジェクト標準プラン¹⁰⁾を用い、この差異が住宅外皮の断熱性能に及ぼす影響度を調査したのでその報告をする。

住宅外皮の断熱性能は従来基準(H.11)の熱損失係数(Q)と改正省エネ基準案¹³⁾の外皮平均熱貫流率(U_A)の双方において検討した。図4.3.2-1に従来基準の熱損失係数と改正基準案の外皮平均熱貫流率の概要を示す。以下2点が熱損失係数から外皮平均熱貫流率の主な変更点である。

- ・分母は床面積から外皮表面積に変更
- ・分子の総熱損失量は『換気及び漏気によって失われる熱量』を”含む”から”含まない”に変更

表4.3.2-1に従来基準の熱損失係数と改正基準案の外皮平均熱貫流率の基準値、従来基準の開口部の熱貫流率の基準値を示す。表4.3.2-2～表4.3.2-4に地域区分別の入力条件と計算結果一覧を示す。開口部の平均熱貫流率においては、実サイズの値が標準試験体サイズの値より最大4%大きいことが確認された。また、熱損失係数、外皮平均熱貫流率どちらの基準においても実サイズの値が標準試験体サイズの値より最大2%大きいことが確認された。

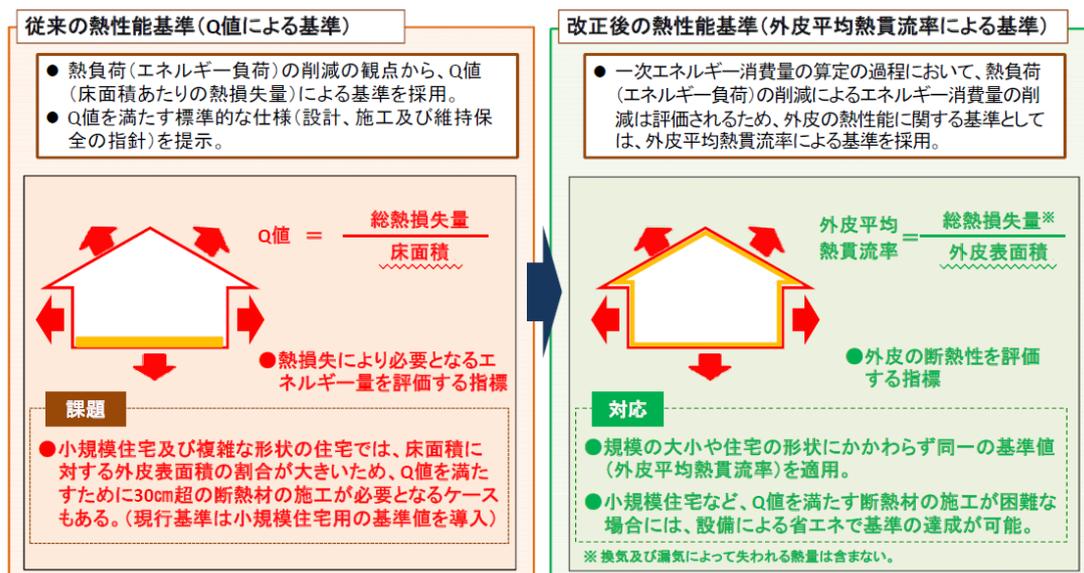


図4.3.2-1 熱損失係数と外皮平均熱貫流率の概要

表4.3.2-1 各熱性能の基準値

地域区分：改正案(H.11 基準)	1(I)	2(I)	3(II)	4(III)	5(IV)	6(IV)	7(V)	8(VI)
熱損失係数 Q[W/(m ² ・K)]	1.6	1.9	2.4	2.7	3.7			
外皮平均熱貫流率 U _A [W/(m ² ・K)]	0.46	0.56	0.75	0.87	—			
開口部の熱貫流率 U _w [W/(m ² ・K)]	2.33	3.49	4.65	6.51				

表 4.3.2-2 1~2 地域 (H.11 : I 地域) における入力条件と計算結果一覧

開口部種別				アルミフレーム+普通複層ガラス (3+A12+3)				樹脂フレーム+断熱Low-E複層ガラス (3+A16+E3)				開口部の基準値		
部位	A:面積(m ²) L:(m)	H: 温度差 係数	標準試験体 サイズ		実サイズ		標準試験体 サイズ		実サイズ		1,2地域 (U=2.33[W/(m ² ·K)])			
			部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH		
貫流 熱損失 (W/K)	窓	天井	67.90	1.0	0.170	11.54	0.170	11.54	0.170	11.54	0.170	11.54	0.170	11.54
		壁	146.50	1.0	0.350	51.27	0.350	51.27	0.350	51.27	0.350	51.27	0.350	51.27
		床	65.47	0.7	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58
		窓1	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
		窓2	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
		窓3	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
		窓4	1.89	1.0	4.65	8.79	4.65	8.79	2.33	4.40	2.33	4.40	2.33	4.40
		窓5	0.35	1.0	4.04	1.39	3.52	1.21	1.73	0.60	1.81	0.62	2.33	0.80
		窓6	0.35	1.0	4.04	1.39	3.52	1.21	1.73	0.60	1.81	0.62	2.33	0.80
		窓7	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
		窓8	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
		窓9	1.35	1.0	4.65	6.28	4.65	6.28	2.33	3.15	2.33	3.15	2.33	3.15
		窓10	0.60	1.0	3.87	2.31	4.97	2.97	1.85	1.11	2.07	1.24	2.33	1.39
		窓11	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
		窓12	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
		窓13	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
		窓14	1.82	1.0	3.87	7.02	4.02	7.30	1.85	3.36	1.88	3.41	2.33	4.23
		窓15	1.31	1.0	3.87	5.09	4.17	5.48	1.85	2.43	1.95	2.56	2.33	3.06
		窓16		1.0		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
		窓17	0.84	1.0	3.87	3.24	4.55	3.81	1.85	1.55	2.01	1.68	2.33	1.95
窓18	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80		
窓19	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80		
Σ AUH				178.55		182.90		127.77		129.02		137.16		
土間床 (玄関)	土間外周部 (m)	3.16	1.0	0.37	1.17	0.37	1.17	0.37	1.17	0.37	1.17	0.37	1.17	
Σ (LUH+AU)				2.34		2.34		2.34		2.34		2.34		
換気熱損失 (W/K)	換気回数 n			0.50		0.50		0.50		0.50		0.50		
	気積B[m ³]			287.76		287.76		287.76		287.76		287.76		
	0.35nB			50.36		50.36		50.36		50.36		50.36		
	総熱損失量(Q _換)[W/K]			231.25		235.60		180.47		181.72		189.86		
	延床面積S[m ²]			120.07		120.07		120.07		120.07		120.07		
	総熱損失量(U _換)[W/K]			180.89		185.24		130.11		131.36		139.50		
	外皮面積S _外 [m ²]			305.09		305.09		305.09		305.09		305.09		
	熱損失係数Q[W/(m ² ·K)]			1.93		1.96		1.50		1.51		1.58		
	Q(実サイズ)/Q(代表試験体サイズ)×100%					(102%)				(101%)				
	外皮平均熱貫流率U _外 [W/(m ² ·K)]			0.593		0.607		0.426		0.431		0.457		
U _外 (実サイズ)/U _外 (代表試験体サイズ)×100%					(102%)				(101%)					
開口部平均熱貫流率U _{開口} [W/(m ² ·K)]			3.97		4.14		1.96		2.01		2.33			
U _{開口} (実サイズ)/U _{開口} (代表試験体サイズ)×100%					(104%)				(103%)					

表 4.3.2-3 3 地域 (H.11 : II 地域) における入力条件と計算結果一覧

開口部種別				アルミフレーム+普通複層ガラス (3+A12+3)				樹脂フレーム+断熱Low-E複層ガラス (3+A16+E3)				開口部の基準値		
部位	A:面積(m ²) L:(m)	H: 温度差 係数	標準試験体 サイズ		実サイズ		標準試験体 サイズ		実サイズ		3地域 (U=2.33[W/(m ² ·K)])			
			部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH		
貫流 熱損失 (W/K)	窓	天井	67.90	1.0	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30
		壁	146.50	1.0	0.530	77.64	0.530	77.64	0.530	77.64	0.530	77.64	0.530	77.64
		床	65.47	0.7	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58
		窓1	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
		窓2	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
		窓3	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
		窓4	1.89	1.0	4.65	8.79	4.65	8.79	2.33	4.40	2.33	4.40	2.33	4.40
		窓5	0.35	1.0	4.04	1.39	3.52	1.21	1.73	0.60	1.81	0.62	2.33	0.80
		窓6	0.35	1.0	4.04	1.39	3.52	1.21	1.73	0.60	1.81	0.62	2.33	0.80
		窓7	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
		窓8	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
		窓9	1.35	1.0	4.65	6.28	4.65	6.28	2.33	3.15	2.33	3.15	2.33	3.15
		窓10	0.60	1.0	3.87	2.31	4.97	2.97	1.85	1.11	2.07	1.24	2.33	1.39
		窓11	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
		窓12	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
		窓13	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
		窓14	1.82	1.0	3.87	7.02	4.02	7.30	1.85	3.36	1.88	3.41	2.33	4.23
		窓15	1.31	1.0	3.87	5.09	4.17	5.48	1.85	2.43	1.95	2.56	2.33	3.06
		窓16		1.0		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
		窓17	0.84	1.0	3.87	3.24	4.55	3.81	1.85	1.55	2.01	1.68	2.33	1.95
窓18	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80		
窓19	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80		
Σ AUH				209.87		214.02		158.90		160.14		168.28		
土間床 (玄関)	土間外周部 (m)	3.16	1.0	0.37	1.17	0.37	1.17	0.37	1.17	0.37	1.17	0.37	1.17	
Σ (LUH+AU)				2.34		2.34		2.34		2.34		2.34		
換気熱損失 (W/K)	換気回数 n			0.50		0.50		0.50		0.50		0.50		
	気積B[m ³]			287.76		287.76		287.76		287.76		287.76		
	0.35nB			50.36		50.36		50.36		50.36		50.36		
	総熱損失量(Q _換)[W/K]			262.37		266.72		211.60		212.84		220.98		
	延床面積S[m ²]			120.07		120.07		120.07		120.07		120.07		
	総熱損失量(U _換)[W/K]			212.01		216.36		161.24		162.48		170.82		
	外皮面積S _外 [m ²]			305.09		305.09		305.09		305.09		305.09		
	熱損失係数Q[W/(m ² ·K)]			2.19		2.22		1.76		1.77		1.84		
	Q(実サイズ)/Q(代表試験体サイズ)×100%					(102%)				(101%)				
	外皮平均熱貫流率U _外 [W/(m ² ·K)]			0.695		0.709		0.528		0.533		0.559		
U _外 (実サイズ)/U _外 (代表試験体サイズ)×100%					(102%)				(101%)					
開口部平均熱貫流率U _{開口} [W/(m ² ·K)]			3.97		4.14		1.96		2.01		2.33			
U _{開口} (実サイズ)/U _{開口} (代表試験体サイズ)×100%					(104%)				(103%)					

表 4.3.2-4 4~7地域(H.11:Ⅲ~Ⅴ地域)における入力条件と計算結果一覧

開口部種別				アルミフレーム+普通複層ガラス (3+A12+3)				樹脂フレーム+遮熱Low-E複層ガラス (E3+A16+3)				開口部の基準値				
部位	A:面積(m ²) L:(m)	H: 温度差 係数	標準試験体 サイズ		実サイズ		標準試験体 サイズ		実サイズ		4地域 (U=3.49[W/(m ² ·K)])		5~7地域 (U=4.65[W/(m ² ·K)])			
			部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH		
貫流 熱損失 (W/K)	天井	67.90	1.0	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30	0.240	16.30	
	壁	139.51	1.0	0.530	73.94	0.530	73.94	0.530	73.94	0.530	73.94	0.530	73.94	0.530	73.94	
	床	65.47	0.7	0.480	22.00	0.480	22.00	0.480	22.00	0.480	22.00	0.480	22.00	0.480	22.00	
	窓	窓1	3.47	1.0	3.86	13.37	3.75	12.99	1.94	6.72	1.95	6.76	3.49	12.09	4.65	16.11
		窓2	3.47	1.0	3.86	13.37	3.75	12.99	1.94	6.72	1.95	6.76	3.49	12.09	4.65	16.11
		窓3	4.59	1.0	3.86	17.72	3.77	17.30	1.94	8.90	1.85	8.49	3.49	16.02	4.65	21.34
		窓4	1.89	1.0	4.65	8.79	4.65	8.79	2.33	4.40	2.33	4.40	3.49	6.60	4.65	8.79
		窓5	0.54	1.0	4.04	2.18	4.24	2.29	1.69	0.91	1.72	0.93	3.49	1.88	4.65	2.51
		窓6	0.54	1.0	4.04	2.18	4.24	2.29	1.69	0.91	1.72	0.93	3.49	1.88	4.65	2.51
		窓7	0.54	1.0	3.87	2.09	4.83	2.61	1.80	0.97	2.21	1.19	3.49	1.88	4.65	2.51
		窓8	0.54	1.0	3.87	2.09	4.83	2.61	1.80	0.97	2.21	1.19	3.49	1.88	4.65	2.51
		窓9	1.62	1.0	4.65	7.53	4.65	7.53	2.33	3.77	2.33	3.77	3.49	5.65	4.65	7.53
		窓10	0.98	1.0	3.87	3.79	4.48	4.39	1.80	1.76	1.95	1.91	3.49	3.42	4.65	4.56
		窓11	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.80	3.86	1.81	3.88	3.49	7.49	4.65	9.97
		窓12	3.22	1.0	3.86	12.42	3.89	12.52	1.94	6.24	1.95	6.27	3.49	11.23	4.65	14.96
		窓13	3.22	1.0	3.86	12.42	3.89	12.52	1.94	6.24	1.95	6.27	3.49	11.23	4.65	14.96
		窓14	1.73	1.0	3.87	6.70	4.05	7.02	1.80	3.12	1.84	3.19	3.49	6.05	4.65	8.06
		窓15	0.99	1.0	3.87	3.83	4.35	4.31	1.80	1.78	2.01	1.99	3.49	3.46	4.65	4.60
		窓16	0.54	1.0	4.04	2.18	4.24	2.29	1.69	0.91	1.72	0.93	3.49	1.88	4.65	2.51
		窓17	0.99	1.0	3.87	3.83	4.35	4.31	1.80	1.78	2.01	1.99	3.49	3.46	4.65	4.60
窓18		0.54	1.0	3.87	2.09	4.83	2.61	1.80	0.97	2.21	1.19	3.49	1.88	4.65	2.51	
窓19		0.66	1.0	3.87	2.55	3.92	2.58	1.80	1.19	2.21	1.46	3.49	2.30	4.65	3.07	
Σ AUH				239.69	242.57	174.40	175.75	224.62	261.88							
土間床 (玄関)	土間床	3.16	1.0	0.53	1.67	0.53	1.67	0.53	1.67	0.53	1.67	0.53	1.67	0.53	1.67	
	土間外周部 (m)	3.16	0.7	0.76	1.68	0.76	1.68	0.76	1.68	0.76	1.68	0.76	1.68	0.76	1.68	
Σ (LUH+AU)				3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36							
換気熱損失 (W/K)	換気回数 n			0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
	気積B[m ³]			287.76	287.76	287.76	287.76	287.76	287.76	287.76	287.76	287.76	287.76	287.76		
0.35nB				50.36	50.36	50.36	50.36	50.36	50.36							
総熱損失量(Q値)[W/K]				293.41	296.28	228.11	229.47	278.34	315.69							
延床面積S[m ²]				120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07							
総熱損失量(U₀値)[W/K]				243.05	245.92	177.75	179.11	227.98	265.33							
外皮面積S ₀ [m ²]				305.09	305.09	305.09	305.09	305.09	305.09							
熱損失係数Q/[W/(m²·K)]				2.44	2.47	1.90	1.91	2.32	2.63							
Q(実サイズ)/Q(代表試験体サイズ)×100[%]					(101%)		(101%)									
外皮平均熱貫流率U₀[W/(m²·K)]				0.797	0.806	0.583	0.587	0.747	0.870							
U ₀ (実サイズ)/U ₀ (代表試験体サイズ)×100[%]					(101%)		(101%)									
開口部平均熱貫流率U_w[W/(m²·K)]				3.96	4.05	1.93	1.97	3.49	4.65							
U _w (実サイズ)/U _w (代表試験体サイズ)×100[%]					(102%)		(102%)									

4.4 まとめ

第4章では、開口部の断熱性能に関する調査を実施した項目について整理した。得られた知見と今後の課題を以下にまとめる。

a) 環境条件

- ①表面熱伝達率は、各々の規格で表現方法が総合熱伝達率の固定値で与えられているものや放射熱伝達率と対流熱伝達率を分けてそれぞれを関数として与えられているものなど様々であり、室内外温度については、各規格の原案を作成した国の環境が反映されている。日本の省エネ基準の改定に向け、これら多くの規格の中から日本の環境に合う境界条件を選定する、若しくは規格を参考に日本独自の環境条件を作成する必要がある。
- ②風洞実験による測定結果から、60deg<風向に対する壁面の角度deg<300deg以外では極端に風速が低くなっており、このことから風上の範囲として-60deg<風向に対する壁面の角度deg<60degと言えると考えられる。しかし、気象データでは風向が16方位で扱われているため、気象データとの連携を考えると、風上と風下を分けることが必要な場合はISO 15099の判定方法は妥当ではないかと考えられる。ただし、風速および対流熱伝達率の算出方法についてはまだ検討が必要かと思われる。
- ③国内の地点をランダムに選択しEA気象データの風向・風速を用いて、その分布を季節・高さの違いに分類し把握した。また、各地の風向・風速やISO 15099の対流熱伝達率の計算式を用いて東西南北の各方位に配置した垂直面に対する室外側対流熱伝達率や各種ガラスの熱貫流率の比較を行った。得られた知見を以下の通りである。
 - ・地点や季節により卓越する風向や風速の頻度分布は異なり、高度の上昇に伴い大きな風速の頻度が増加した。
 - ・室外側対流熱伝達率は窓面の方位や地点・季節・高度の風向・風速によって大きく変動し、卓越風向に面する窓面で大きくなる傾向があった。
 - ・各種ガラスの熱貫流率は、JIS R 3107に基づく熱貫流率が大きい透明単板ガラスではその変動幅は $2.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ と大きく、熱貫流率が小さい普通複層ガラスや Low-E 複層ガラスではそれぞれ $0.5\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, $0.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ とその変動幅は小さくなる傾向があった。

b) 窓のサイズ違いによる断熱性能の評価

- ①代表的な窓の材質別、機種別、サイズ別の熱貫流率の比較を行った結果、窓面積と熱貫流率は反比例の関係で変動することを示した。また、フレーム面積と熱貫流率は比例の関係であることを示した。
- ②建物モデルプランにあたりの平均 U 値 (U_A 値) に差異が生じるか比較を行った結果、口部の平均熱貫流率においては実サイズの値が標準試験体サイズの値より最大 4%大きいことを示した。また、熱損失係数、外皮平均熱貫流率どちらの基準においても実サイズの値が標準試験体サイズの値より最大 2%大きいことを示した。

参考文献

- 1) JIS A 2102-1:2011, 窓及びドアの熱性能－熱貫流率の計算－第1部：一般
- 2) JIS A 2102-2:2011, 窓及びドアの熱性能－熱貫流率の計算－第2部：フレームの数値計算
- 3) 住宅の省エネルギー基準の解説, (財)建築環境・省エネルギー機構, 2009
- 4) ISO15099:2003, Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
- 5) ISO 10077-1:2006, Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 1:General
- 6) National Fenestration Rating Council, Inc : NFRC100-2010, Procedure for Determining Fenestration Product U-Factors.
- 7) JIS R 3107:1998, 板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法
- 8) 赤坂裕ほか：拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2000
- 9) JIS A 4710:2004, 建具の断熱性試験方法
- 10) 自立循環型住宅への設計ガイドライン, (財)建築環境・省エネルギー機構, 2005
- 11) 窓の熱性能評価プログラム「WindEye」「窓の断熱性能表示制度」対応版, (一社)リビン
グアメニティ協会 <http://alianet.org/pickup/windeye/>
- 12) 住宅サッシ標準規格寸法, (社)日本サッシ協会, 2009.4 改訂
- 13) 住宅・建築物の省エネルギー基準及び低炭素建築物の認定基準に関する技術情報
<http://www.kenken.go.jp/becc/index.html>